پودمان ۴

عملیات فلوتاسیون

با روندی که امروزه دنیای صنعت و تکنولوژی مدرن در پیش دارد هر روز نیاز به مواد معدنی بیشتر می‌شود و در جهت تأمین نیازها، بهره‌وری از ذخایر معدنی نیز روز به روز افزایش می‌یابد. کاهش ذخایر معدنی با عیار بالا و ترکیب‌های کانی شناختی ساده نیز موجب شده است که معادنی با عیار بسیار پایین و ترکیب‌های کانی شناختی پیچیده مورد استفاده قرار گیرند و به موازات آن، فراوری مواد معدنی از طریق فلوتاسیون به عنوان روش مناسب و پرکاربرد در جدایش کانی‌ها به ویژه سولفیدها اهمیت فراوانی دارد.

واحد یادگیری ۱

فلوتاسیون

مقدمه

مبحث فلوتاسیون مواد معدنی شامل معرفی انواع دستگاه‌های فلوتاسیون و طرزکار آنها، روش‌های اپراتوری عملیات فلوتاسیون، تهیه داروهای شیمیایی، نحوه نمونه‌گیری جهت کنترل عملیات و سرویس و نگهداری مدارهای فلوتاسیون می باشد.

استاندارد عملکرد

- انجام عملیات فلوتاسیون با به‌کارگیری تجهیزات و ماشین‌آلات، مواد شیمیایی بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه زیر نظر مهندس ناظر

پیش‌نیاز و یادآوری

اصول فلوتاسیون

فلوتاسیون یکی از مهم‌ترین روش‌های آرایش مواد معدنی است که بر مبنای خواص شیمی فیزیکی سطوح جامد در یک محیط سیال و با ایجاد جریان هوا برای تولید حباب مناسب بنا شده است.
بار اولیه فلوتاسیون شامل پالپی است که ۲۵ تا ۴۵ درصد آن را جامد تشکیل داده است. اندازه ذرات جامد نیز حدود ۲۰ تا ۲۰۰ مش می باشد. پالپ قبل از وارد شدن به سلول فلوتاسیون نیاز به یک تا چند مرحله آماده‌سازی دارد. که این مراحل عبارت‌اند از:

فاز یک آماده‌سازی:

در این مرحله پالپ با بعضی از مواد شیمیایی مخلوط می شود تا به pH مطلوب برسد. سپس با مواد شیمیایی دیگری به نام **متفرق کننده‌ها** که نقش آنها متفرق کردن مواد ریز یا نرمه از سطح کانی‌هاست آغشته می‌شود.

فاز دوم آماده‌سازی:

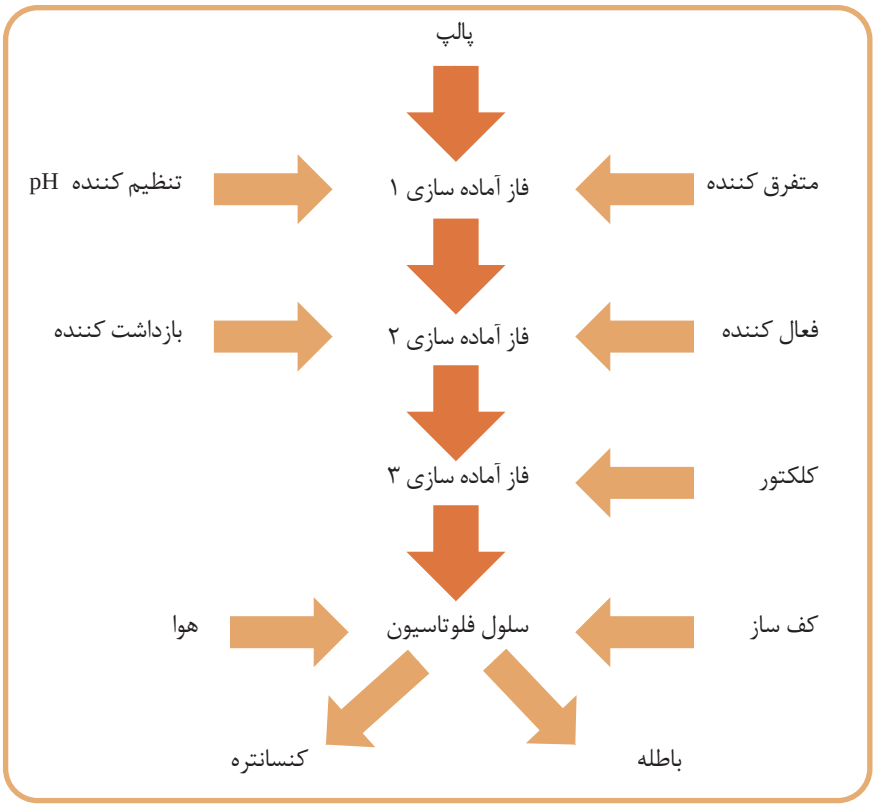
در مرحله دوم پالپ با مواد شیمیایی دیگری به نام **بازداشت کننده‌ها** که هدف آنها آبگیر کردن سطوح برخی از کانی‌ها است آماده می‌شود. همچنین مواد شیمیایی با نام **فعال‌کننده‌ها** نیز به منظور تقویت خاصیت شناور شدن برخی از مواد معدنی به‌کار گرفته می‌شوند.

فاز سوم آماده‌سازی:

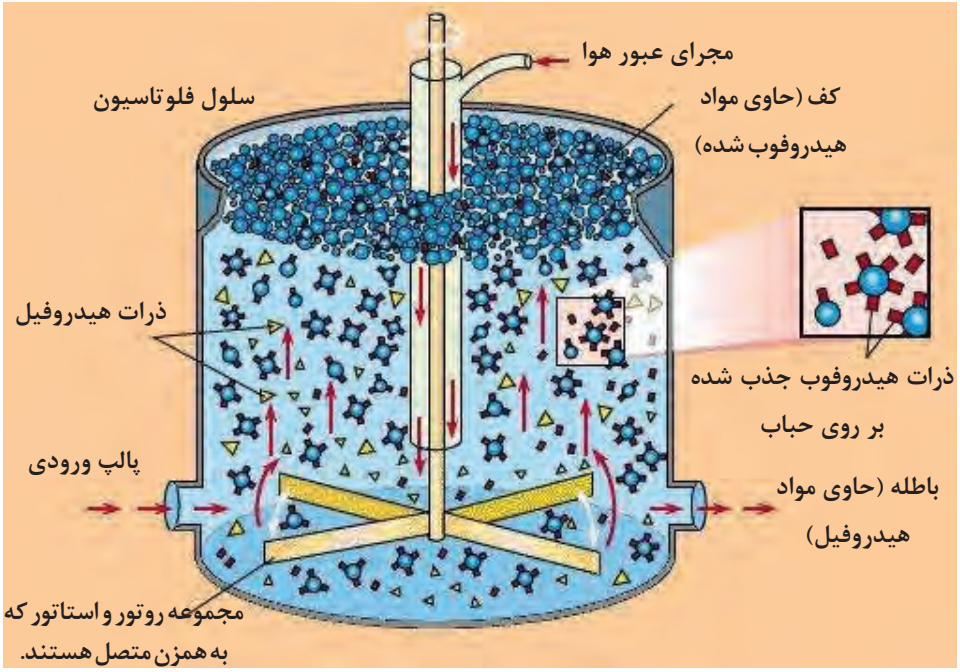
سرانجام پالپ با موادی به نام **کلکتورها** که نقش آنها آبران کردن ذرات کانی‌های مورد نظر است، مخلوط می‌شود.
پالپ آماده شده به داخل سلول فلوتاسیون وارد می‌گردد. سپس جریان هوا توسط همزن، دیافراگم و یا الکترودهایی که برای تولید و پراکنده کردن حباب های هوا تعبیه شده وارد این پالپ می‌شود.
البته در بعضی موارد لازم است پس از ورود هوا برای پایدار ساختن حباب‌های هوای تولید شده از مواد دیگری به نام **کف‌ساز** استفاده شود. بدین ترتیب ذراتی که سطح آنها به وسیله کلکتور آبران شده است حباب هوا را جذب می‌کنند و تحت تاثیر نیروی ارشمیدوس به سطح پالپ منتقل می‌شوند. ذراتی که به کمک بازداشت‌کننده‌ها آبگیر شده بودند حباب هوا را جذب نمی‌کنند، و غرق می شوند.

تذکر

هرگاه کانی مورد نظر به صورت کف در سطح سلول فلوتاسیون ظاهر شود **فلوتاسیون را مستقیم** و اگر به صورت رسوب جامد در ته سلول فلوتاسیون ظاهر شود آنرا **فلوتاسیون غیرمستقیم** می‌گویند.



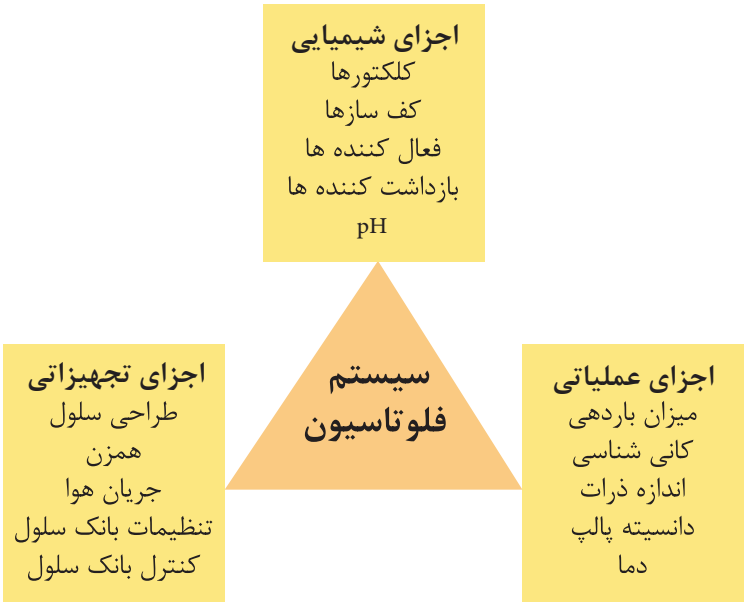
شکل ۱- نمودار ساده مراحل عملیات فلوتاسیون



شکل ۲- شکل شماتیک یک سلول فلوتاسیون و قسمت‌های مختلف آن

عوامل فراوانی در انجام یک عملیات فلوتاسیون تأثیر دارند که به طور کلی می‌توان آنها را به سه دسته تقسیم کرد که عبارت‌اند از:

- **اجزای شیمیایی:** کلیهٔ مواد شیمیایی مورد استفاده برای آماده‌سازی پالپ جهت انجام عملیات فلوتاسیون را گویند.
- **اجزای تجهیزات:** تمامی ماشین‌آلات و تجهیزات و اجزای اصلی تشکیل دهنده مدار فلوتاسیون را گویند.
- **اجزای عملیات:** شامل کلیهٔ خصوصیات و ویژگی‌های اصلی تشکیل‌دهندهٔ ماده معدنی و بار اولیه ورودی به عملیات فلوتاسیون است. اجزای شیمیایی، اجزای تجهیزات و اجزای عملیات یک سیستم فلوتاسیون در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- اجزای مختلف تشکیل‌دهنده سیستم فلوتاسیون

مدار فلوتاسیون

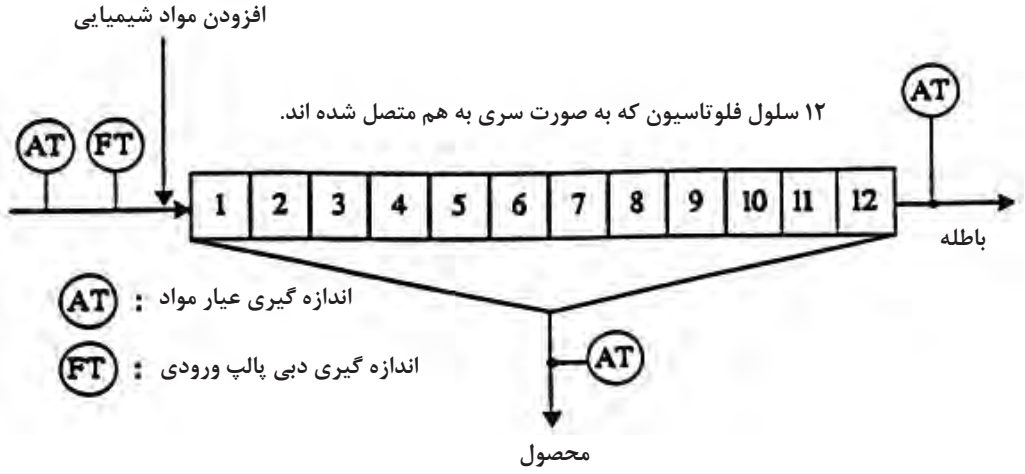
در کارخانه‌های فراوری جهت پرعیارسازی مواد معدنی به روش فلوتاسیون، از مجموعه‌ای از ماشین‌های فلوتاسیون استفاده می‌شود که به این مجموعه **مدار فلوتاسیون** گویند. طراحی مدار فلوتاسیون نیاز به انجام محاسبات دقیق در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی دارند و براین اساس ماشین‌های فلوتاسیون با توجه به ترتیب قرارگیری در مدار فلوتاسیون نام‌های مختلفی را خواهند داشت.

ترتیب مدار فلوتاسیون

یکی از اساسی‌ترین اهداف تعیین ترتیب مدارهای فلوتاسیون تهیه محصولی قابل قبول از یک ماده معدنی در یک فرایند مهندسی و اقتصادی است. آنچه در یک مدار فلوتاسیون اهمیت دارد نوع کانی مورد نظر است زیرا هر ماده معدنی ویژگی مخصوص به خود را دارد. به عنوان مثال طراحی مدار فلوتاسیون در دو معدن مس پورفیری، سرچشمه و سونگون با توجه به تغییرات نوع کانی‌های مفید و گانگ همراه، متفاوت است و بر همین

اساس مواد شیمیایی و سلول‌های فلوتاسیون مورد استفاده در این مدارها نیز می‌تواند کاملاً متفاوت باشد. بنابراین ترتیب و سازمان‌دهی مدارهای فلوتاسیون به عواملی چون نوع ماده معدنی، گانگ همراه، تک تک کانی‌های موجود در بار ورودی فلوتاسیون، نوع ماشین‌های فلوتاسیون، نوع مواد شیمیایی و ... بستگی دارد. همچنین ممکن است در مدار فلوتاسیون کانی‌هایی وجود داشته باشند که بازیابی آنها به عنوان محصولات فرعی مدار قلمداد شود.

در فرایندهای صنعتی سلول‌های فلوتاسیون معمولاً در یک ردیف و به شکل سری قرار می‌گیرند که به آن **بانک فلوتاسیون** می‌گویند. هر سلول فلوتاسیون یک ماشین فلوتاسیون ساده است. به عنوان مثال در شکل ۴ یک بانک فلوتاسیون نشان داده شده است که در آن ۱۲ سلول فلوتاسیون وجود دارد.



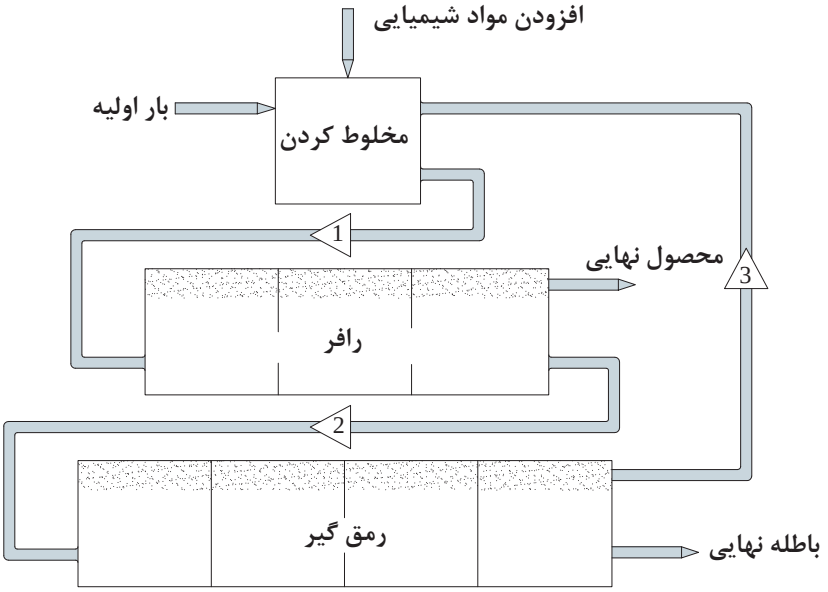
شکل ۴- فلوشیت یک بانک فلوتاسیون و قسمت های کنترلی در مسیرهای ورودی و خروجی آن

شکل ۵- تصویر واقعی از یک بانک فلوتاسیون

انواع مدارهای فلوتاسیون

مدار ساده فلوتاسیون:

در این نوع مدار ماشین‌های فلوتاسیون، فقط یک محصول تولید می‌کنند. در این نوع مدار بار اولیه پس از آماده‌سازی وارد سلول یا سلول‌های اولیه فلوتاسیون ◁1 که به آنها رافر[1] می‌گویند، می‌شوند. سلول‌های رافر وظیفهٔ پرعیار کردن بار اولیه را دارند. محصول تولیدی از رافرها در مدارهای ساده، محصول نهایی نام دارد و باطلهٔ آنها به سلول یا سلول‌های فلوتاسیون رمق گیر[2] ◁2 انتقال پیدا می‌کند. سلول‌های رمق‌گیر وظیفهٔ بازیابی مقداری از کانی مورد نظر که وارد باطله های سلول‌های رافر شده‌اند را دارد. محصول رمق‌گیر مجدداً وارد چرخه آماده سازی و بازگشت به سلول‌های رافر ◁3 می‌شوند.



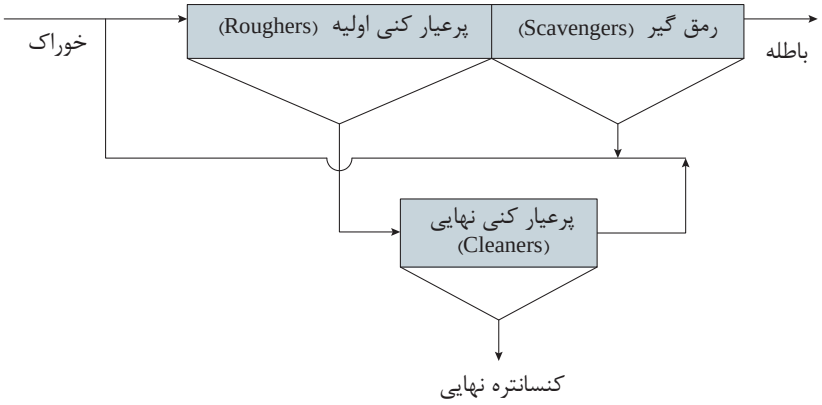
شکل ۶- مدار ساده فلوتاسیون

فلوتاسیون با یک مرحله شستشو:

در این نوع مدار فلوتاسیون نیز یک محصول تولید می شود. اما محصول به‌دست آمده از بانک سلولی رافر، قبل از تبدیل شدن به محصول نهایی نیاز به انجام یک عملیات پرعیارسازی مجدد دارد که این عمل توسط سلول یا سلول‌های فلوتاسیون **شستشو**[3] انجام می‌شود. بنابراین سلول‌های فلوتاسیون شستشو وظیفه پرعیارسازی بیشتر محصول به دست آمده از مرحله رافر را دارند.

۱- Rougher
۲- Scavenger
۳- Cleaners

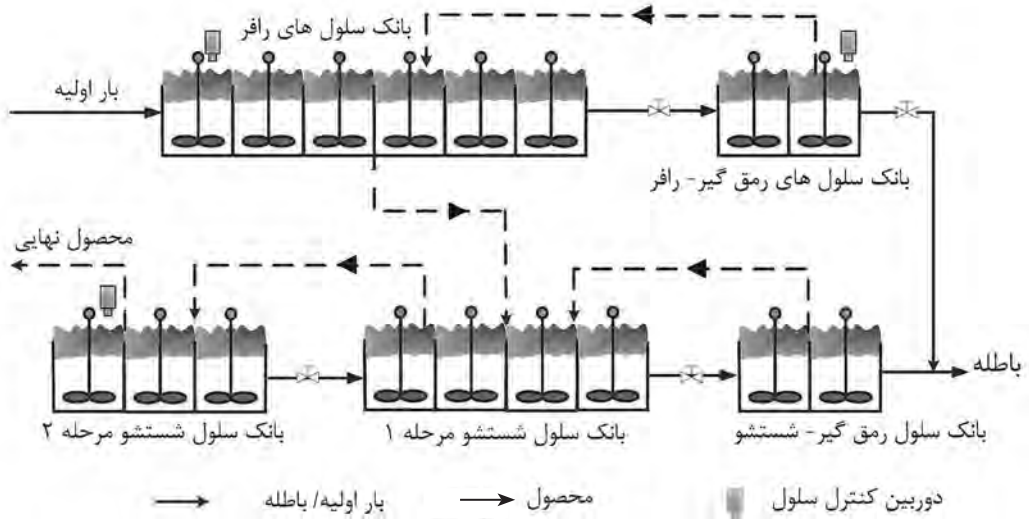
مثال: در شکل ۷، یک نمونه از مدار فلوتاسیون با یک مرحله شستشو نشان داده شده است. بار اولیه پس از آماده‌سازی به بانک سلول‌های رافر وارد می شود. محصول رافر وارد بانک سلول شستشو شده و پس از پرعیار شدن، به عنوان محصول نهایی به بازار مصرف ارسال می‌گردد. باطلهٔ رافر وارد سلول‌های رمق‌گیر می‌شود. محصول رمق‌گیر به رافر بازگردانده می‌شود و باطلهٔ رمق‌گیر، از مدار خارج می شود. باطلهٔ مرحله شستشو نیز وارد رمق‌گیر می‌شود.



شکل ۷- مدار فلوتاسیون با یک مرحله شستشو

فلوتاسیون با چند مرحله شستشو:

در مورد برخی از مواد معدنی با توجه به خصوصیات درگیری کانی و باطله‌ها با یکدیگر و به جهت افزایش بازیابی و عیار نهایی ماده معدنی نیاز به چندین مرحله شستشو وجود دارد در این صورت محصول شستشوی مرحله اول مجدداً نیاز به یک یا چند مرحله شستشو خواهد داشت. مدارهای فلوتاسیون با چند مرحله شستشو می تواند بسیار پیچیده و متفاوت باشد و حتی ممکن است نیاز به آسیا کنی مجدد نیز داشته باشد.



شکل ۸- مدار فلوتاسیون با یک مرحله شستشو

بارش فکری

با توجه به فلوشیت صفحه قبل تعیین کنید محصول و باطله هر یک از بانک‌های سلولی رافر، رمق‌گیر و شستشو مرحله ۱ و ۲ به کجا هدایت می‌شود. موارد را در جدول زیر بنویسید.

نوع بانک سلول فلوتاسیون	باطله	محصول
رافر	رمق‌گیر- رافر	شستشو مرحله ۱
رمق‌گیر- رافر		رافر
شستشو مرحله ۱		
شستشو مرحله ۲		
رمق‌گیر- شستشو	باطله	

فیلم

مدار فلوتاسیون

ماشین های فلوتاسیون

با بهره‌برداری از ذخایر پر عیار مواد معدنی به‌تدریج میزان اینگونه ذخایر کاهش می‌یابد و از طرفی به‌علت نیاز به مواد معدنی و وجود تقاضا قیمت مواد معدنی افزایش یافته که صنایع معدنی را با مشکلات فراوانی مواجه ساخته است. در این راستا گردانندگان کارخانه‌ها و سازندگان سلول‌های فلوتاسیون با تلاش و تدبیر زیاد در پی کاهش هزینه‌ها، بهینه‌سازی تجهیزات و افزایش بازیابی مواد معدنی می‌باشند. نوع ماشین‌های فلوتاسیون، مکانیزم عملکرد و ظرفیت آنها اهمیت زیادی دارند و برهمین اساس ماشین‌های مختلفی ساخته و وارد چرخه تولید شده و حتی بعضی از آنها که دارای نواقصی در این زمینه‌ها بوده‌اند به‌مرور زمان کنار گذاشته شده و ماشین‌آلاتی با بهره‌وری مطلوب‌تر و ظرفیت بالاتر نیز طراحی و ساخته شده‌اند. در کارخانه‌های فراوری انتخاب سلول‌های بزرگ نسبت به سلول‌های کوچک به‌دلیل داشتن مزایایی از قبیل: کنترل کیفی مناسب‌تر محصول، تنظیم شدت جریان هوا، افزایش سطح پالپ و استفاده بیشتر از فضا و ... مناسب‌تر است و موجب کاهش هزینه‌های: سرمایه‌گذاری، نیروی انسانی، انرژی، تعمیر و نگهداری می‌شود.

تقسیم‌بندی ماشین‌های فلوتاسیون

به طور کلی ماشین‌های فلوتاسیون را می‌توان در دو گروه مکانیکی[۱] و هوایی[۲] تقسیم بندی کرد.

الف- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی:

ماشین‌های مکانیکی اولین ماشین‌هایی هستند که در کارخانه‌های فلوتاسیون مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این نوع ماشین‌ها با چرخش مکانیکی همزن پالپ به خوبی مخلوط شده و حباب‌های هوا با ابعاد کوچک در داخل پالپ توزیع می‌شود. این ماشین‌ها ممکن است خود هواده باشند که در این‌صورت هوادهی ناشی

۱- Mechanical
۲- Pneumatic

از فشار گریز از مرکزی است که توسط همزن ایجاد می‌شود و حباب های هوا را متفرق می‌سازد. همچنین ممکن است هوادهی توسط دمنده‌های خارج از سلول انجام شود. هوادهی باید به‌گونه‌ای باشد که قبل از توزیع هوا در داخل پالپ ابتدا به حباب‌های کوچکتری تقسیم شده و سپس وارد پالپ شود. این ماشین‌ها از سه قسمت اصلی تشکیل یافته‌اند:

- **سلول فلوتاسیون**: با شکل مشخص هندسی (معمولاً متوازی السطوح یا استوانه) که نشان‌دهنده شکل کلی سلول است.
- **مجاری هدایت هوا:** وسیله ای برای هدایت جریان هوا به داخل سلول (دیافراگم، منتشرکننده، شفت با محور توخالی)
- **روتور و استاتور**: که به ترتیب نقش همزن و کنترل‌کننده تلاطم پالپ در بخش فوقانی سلول را به عهده دارند.

ماشین های فلوتاسیون می بایست قادر به انجام عملیات زیر باشند:

- ذرات را به حالت معلق در آورند.
- حباب های هوا را در محیط پالپ پراکنده سازند.
- شرایط مناسب برای تماس بین ذرات آبران و حباب هوا ایجاد کنند.
- کلیه ذرات وارد شده به داخل سلول را به دو بخش کنسانتره و باطله هدایت کنند.
- امکان انتقال سریع ذرات قبل از خرد شدن بر اثر سایش در اطراف همزن
- ایجاد محیطی نسبتاً آرام در بخش فوقانی سلول به منظور جلوگیری از جداشدن ذرات آبران از سطح حباب
- داشتن قدرت کافی برای متفرق کردن مجدد ذرات پس از قطع برق و رسوب ذرات جامد
- کنترل ارتفاع ستون کف و سطح پالپ در داخل سلول
- کنترل حباب هوا و کاهش ابعاد درشت به ابعاد ریز
- کنترل مصرف انرژی و نگهداری ساده
- خروج مرحله ای ذرات درشت باطله که ممکن است به سختی به بخش باطله حمل شوند
- دارا بودن تجهیزات لازم برای انتقال کف به مرحله شستشو و یا باطله به مرحله رمق گیر

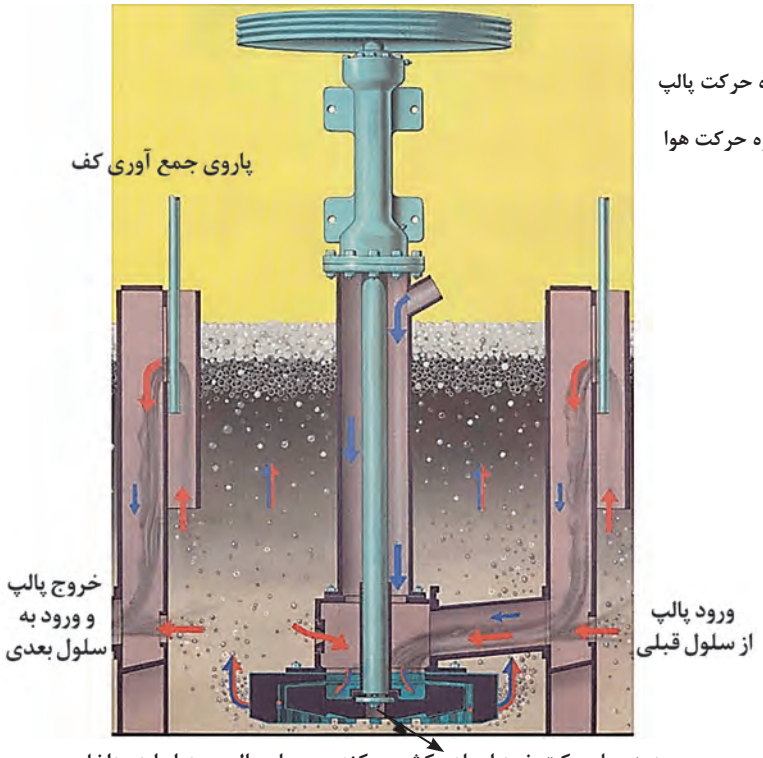
برخی از مهم‌ترین ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی مورد استفاده در فراوری مواد معدنی عبارت‌اند از:

۱- ماشین فلوتاسیون مکانیکی دنور

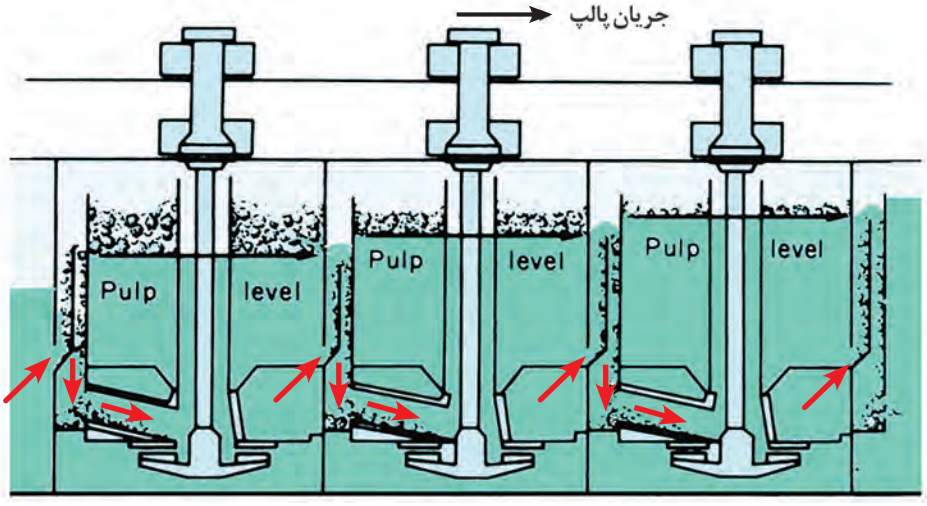
ماشین‌های دنور بیشترین کاربرد را در صنعت به خود اختصاص داده‌اند و به دو گروه:

۱-۱- Denver Sub-A: بیشترین کاربرد آنها در کارخانه‌های کوچک و مدارهای چند مرحله‌ای مخصوصاً در مدارهای شستشو می‌باشد. مکانیزم فلوتاسیون در این ماشین‌ها بدین‌صورت است که فرایند فلوتاسیون در داخل سلول‌های مربع شکل مجزایی که از سلول‌های مجاور خود توسط تیغه‌هایی جداشده‌اند، انجام می‌شود. یک لولهٔ تغذیه کنندهٔ خوراک، جریان پالپ را از سلول قبلی به سلول بعدی هدایت می‌کند، که بسته به نوع مدار و نحوه قرارگیری سلول‌ها در یکی از وجه‌های سلول نصب می‌شود. جریان پالپ توسط پره‌های موجود در داخل سلول و با ایجاد مکش به وجود می‌آید. همچنین با ایجاد مکش در اثر چرخش پره‌ها هوا از طریق

لوله‌ای که محور قائم سلول را احاطه کرده است به داخل سلول جریان می‌یابد.



همزن با حرکت خود ایجاد مکش می‌کند و جریان پالپ و هوا را در داخل هر سلول ایجاد می‌کند.



شکل ۹- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی دنور مدل sub-A

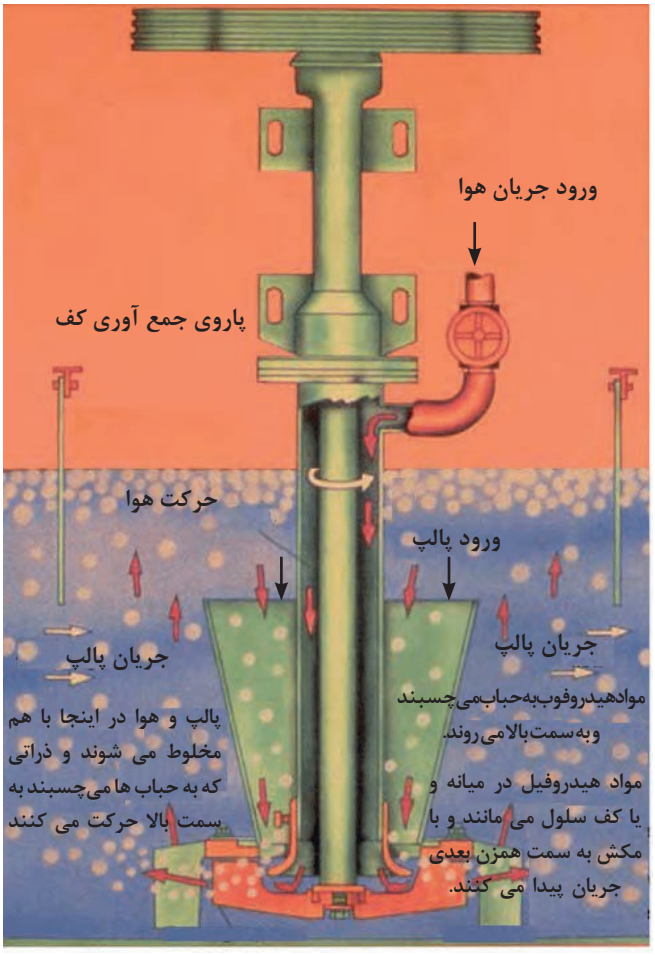
بارش فکری

شکل بالا ماشین‌های فلوتاسیون دنور مدل ساب- ای را نشان می دهد با توجه به آن، نحوه جریان پالپ، جریان هوا و انتقال باطله و محصول را به طور کامل شرح دهید.

شکل ۱۰

الف- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی دنور مدل ساب- ای، ب- داخل سلول، سطوح جداکننده سلول‌ها، همزن، پاروی جمع آوری کف و لوله مجرای هوا، ج- چند سلول فلوتاسیون، موتور و پاروهای جمع آوری کف، مجراهای انتقال هوا برای هر سلول

۱ -۲ - **Denver D-R**: از خصوصیات این ماشین‌ها می‌توان به حذف صفحات جدا کننده میانی و تیغه های حائل بین سلول‌ها اشاره نمود. لوله‌های تغذیه کننده خوراک برای هر سلول مجزا، حذف شده و پالپ می‌تواند آزادانه و بدون هیچ برخوردی به مانع در داخل ماشین جریان داشته باشد در عوض در این نوع سلول‌ها از یک محفظه قیف مانند در اطراف لولهٔ انتقال هوا استفاده شده است که دهانهٔ بازتر آن تا میانه‌های سلول بالا آمده است و در اثر چرخش روتور و ایجاد مکش چرخش پالپ از بالا به سمت پایین انجام می‌شود. سطح پالپ هم با یک دریچهٔ باطله که در انتهای سیستم نصب شده است کنترل می‌شود. از مزایای این نوع ماشین‌ها می‌توان به سادگی کار و نیاز به کنترل کمتر اشاره کرد. از این ماشین‌ها معمولاً در مواردی استفاده می‌شود که نیاز به اختلاط و چرخش پالپ کمتری باشد.



همزن با حرکت خود ایجاد مکش می‌کند و جریان عمودی پالپ و هوا از درون محفظه ایجاد می شود.

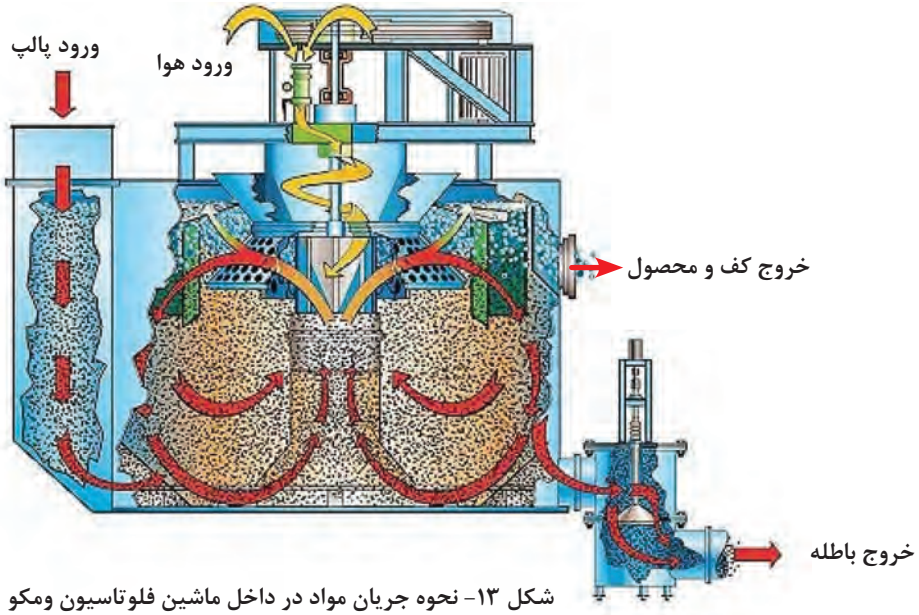
مجموعه همزن، روتور و استاتور و مجرای هوای ماشین فلوتاسیون دنور دی- آر

شکل ۱۱- ماشین‌های فلوتاسیون مکانیکی دنور مدل D_R

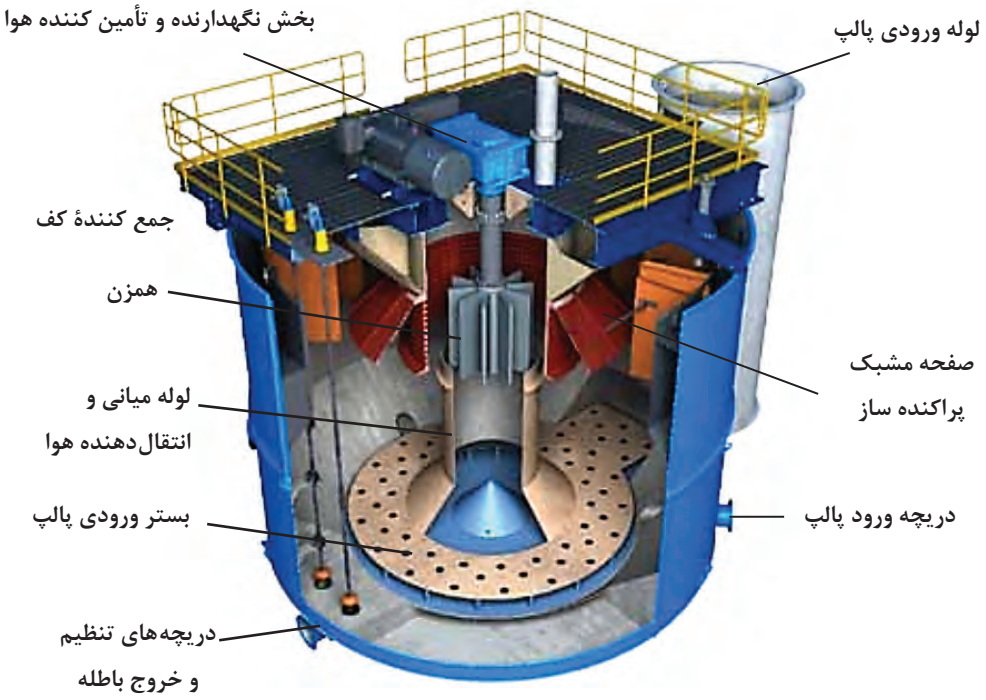
شکل ۱۲- ماشین فلوتاسیون دنور مدل دی- آر

۲- ماشین فلوتاسیون مکانیکی ومکو

یکی از ماشین‌های فلوتاسیون که کاربرد زیادی در صنعت دارد، ماشین‌های ومکو است. این ماشین دارای سلول استوانه‌ای شکل است و هر سلول دارای یک روتور پراکنده کننده است. خوراک از قسمت زیرین وارد می‌شود و از درون سلول در اثر مکش ایجاد شده در اثر چرخش روتور عبور کرده و وارد قسمت داخلی روتور می‌شود و به بالا هدایت می‌شود. همچنین روتور با مکش خود هوای مورد نیاز را جهت فلوتاسیون از داخل لوله‌هایی وارد سلول می‌کند و با عبور پالپ و هوای تحت فشار از صفحه مشبک بالای خود باعث اختلاط مطلوب پالپ و هوا در سلول می‌شود. در نتیجه مواد هیدروفوب به خوبی در تماس با حباب‌های هوا قرارگرفته و به سمت بالا حرکت می‌کنند و مواد هیدروفیل به سمت پایین سلول حرکت می‌کنند در نهایت باطله‌ها از بخش های پایینی سلول و کف همراه با محصول از سطح سلول خارج می‌شوند. سطح سلول نیز توسط دریچه باطله در انتها تنظیم و تعدیل می‌شود.



شکل ۱۳- نحوه جریان مواد در داخل ماشین فلوتاسیون ومکو

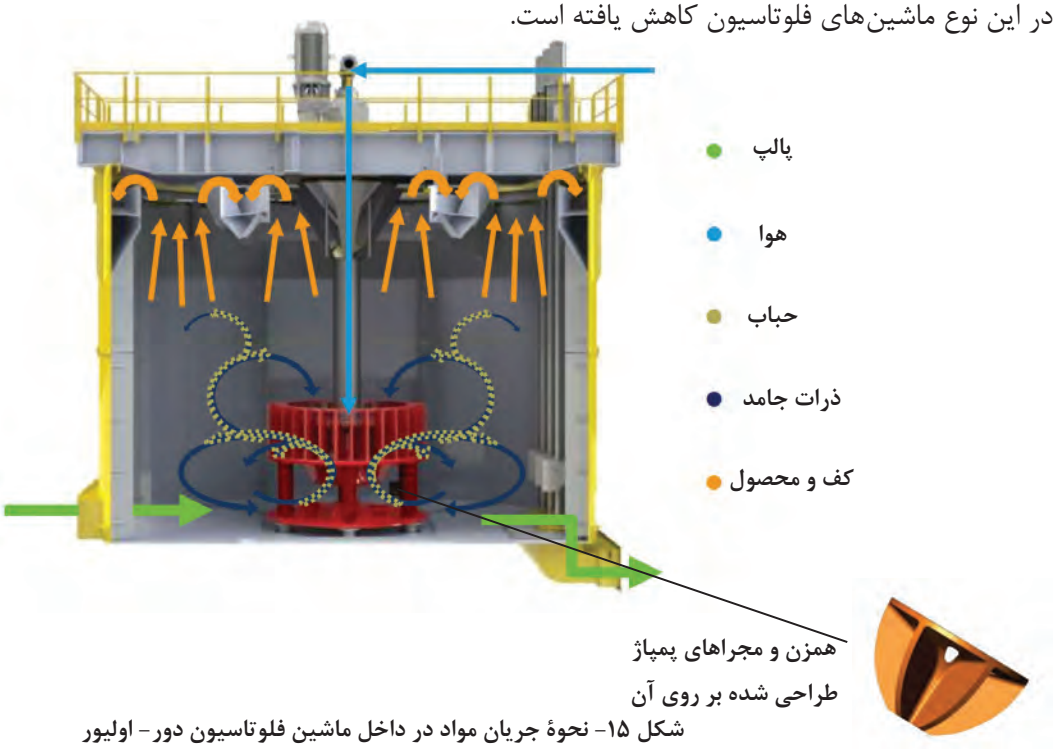


شکل ۱۴- قسمت‌های مختلف ماشین فلوتاسیون ومکو

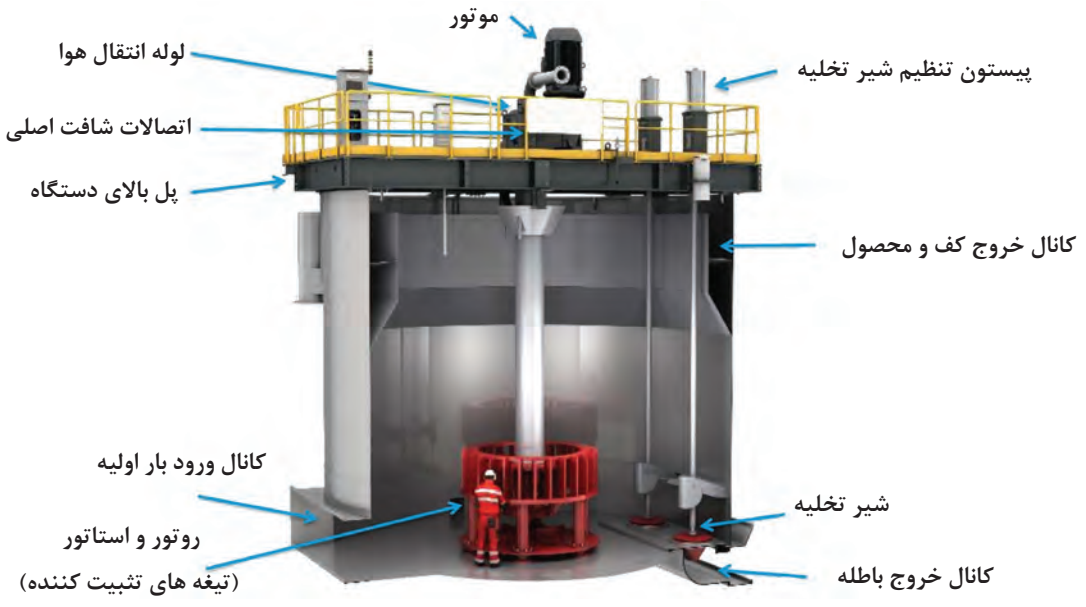
ماشین فلوتاسیون مکانیکی دور - اولیور

در این نوع ماشین‌های فلوتاسیون تیغه‌های تثبیت کننده رو به پایین بوده و بر روی پایه‌ای با چهار برآمدگی قرار گرفته‌اند. در این حالت در ناحیهٔ کف سلول جایی که زون چرخشی یا گردابی ایجاد می‌شود. معلق‌سازی

ذرات جامد با بیشترین کارایی انجام می‌گیرد. همزن ماشین‌های دور- اولیور دارای شکل و طراحی خاصی است و شامل مجراهای پمپاژ بزرگی است که باعث شده الگوی جریان شعاعی مثبتی در مقابل جریان اغتشاشی ایجاد شود. بنابراین می‌توان گفت به علت طراحی خاص در همزن و تثبیت کننده، مصرف انرژی در این نوع ماشین‌های فلوتاسیون کاهش یافته است.



شکل ۱۵- نحوهٔ جریان مواد در داخل ماشین فلوتاسیون دور- اولیور



شکل ۱۶- قسمت‌های مختلف ماشین فلوتاسیون دور- اولیور

بارش فکری

با توجه به آنچه تاکنون در خصوص ماشین‌های فلوتاسیون ومکو و دور- اولیور بیان شد و با توجه به شکل زیر تفاوت‌های بین این دو ماشین فلوتاسیون را بنویسید.

شکل ۱۷

ب- ماشین‌های فلوتاسیون هوایی

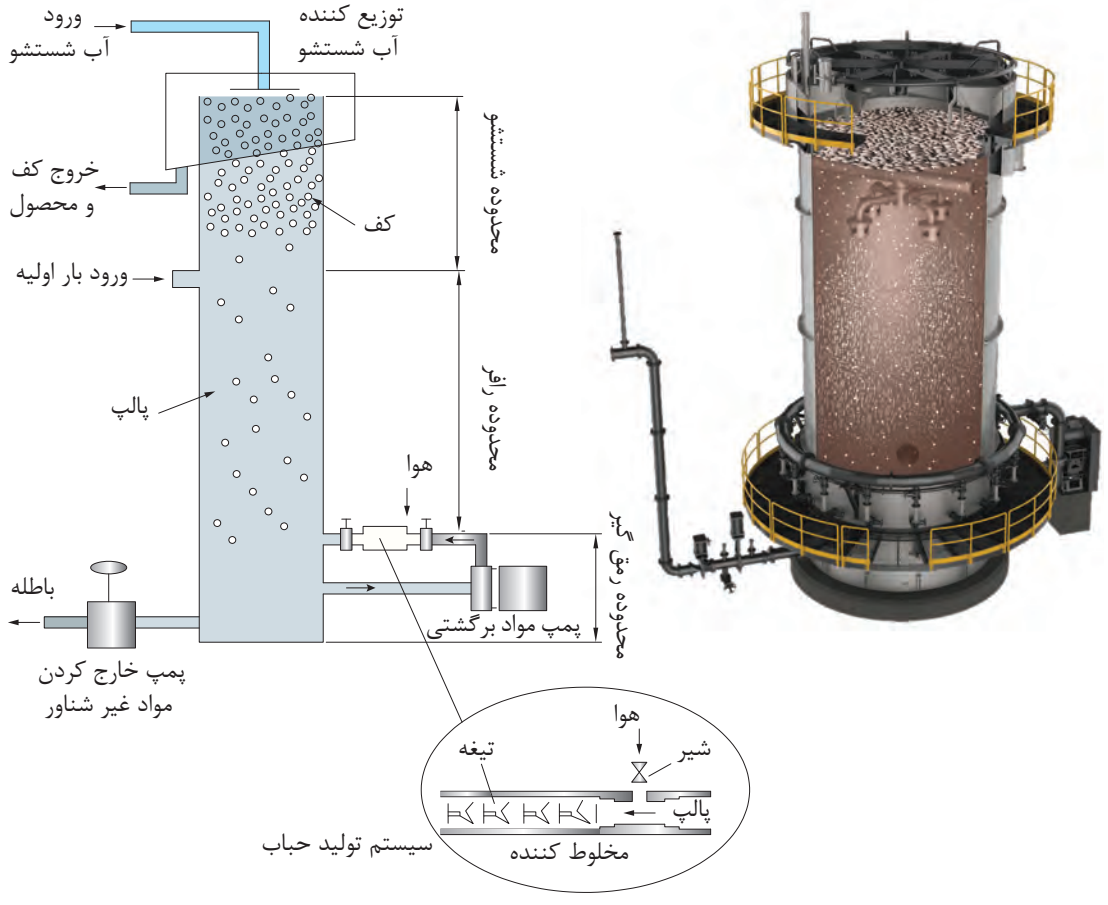
ماشین‌های فلوتاسیونی هستند که در آنها جریان هوا یا همراه با جریان متلاطم پالپ بوده و یا هوا به داخل سلول تزریق می‌شود. در این ماشین‌ها حتماً باید هوا را توسط مکانیزمی در داخل پالپ متفرق ساخت. ماشین‌های هوایی معمولاً کنسانتره با عیار کم تولید می‌کنند ولی عملیات فلوتاسیون با مشکلات کمتری انجام می‌شود. در این سلول‌ها هوا، علاوه براینکه نقش هوادهی و ایجاد کف را برعهده دارد، باید مواد را در پالپ شناور نگهدارد.

۱- ماشین فلوتاسیون ستونی

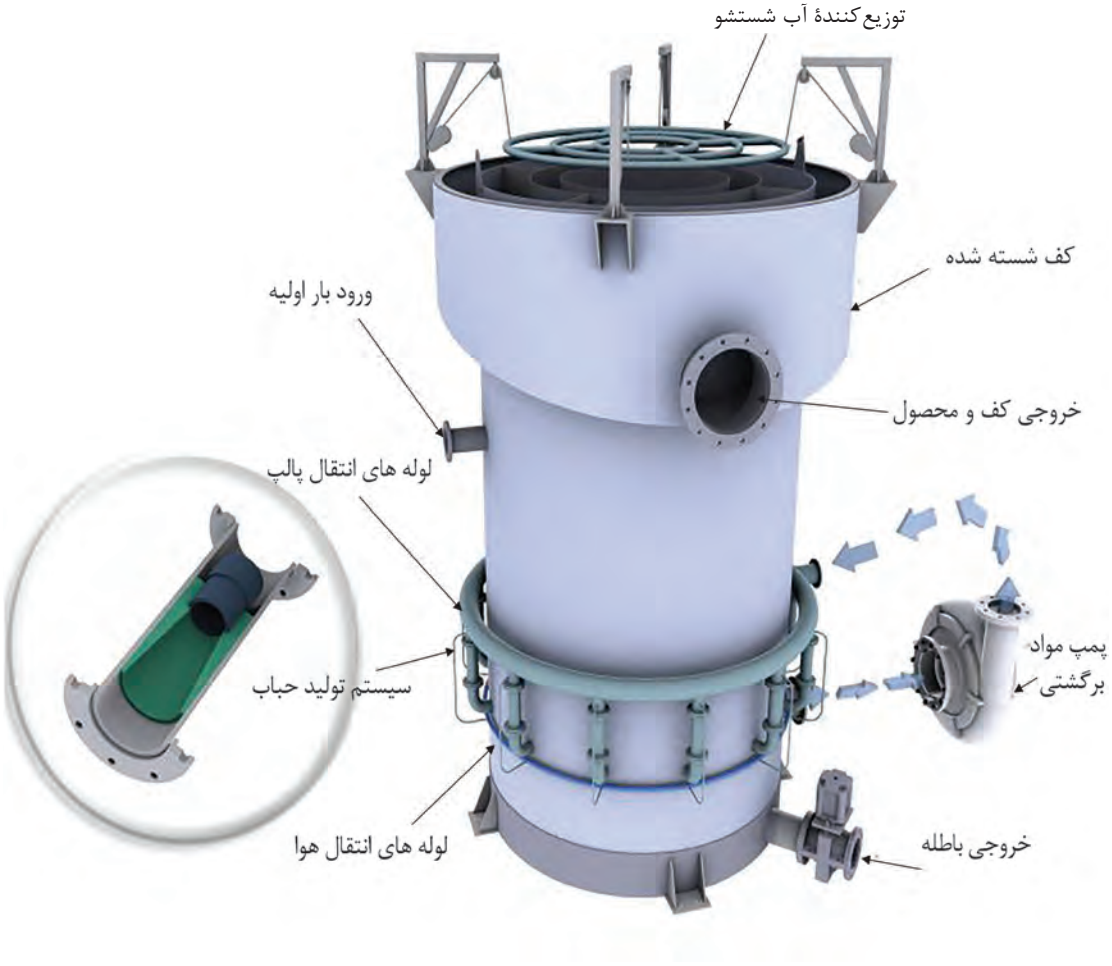
از انواع جدید ماشین‌های فلوتاسیون که به تدریج استفاده از آنها در صنعت رایج شده است، می‌باشد. این ماشین‌ها از یک ستون استوانه‌ای و یا مربعی‌شکل تشکیل شده‌اند. با توجه به ارتفاع زیاد این ماشین‌های فلوتاسیون در بسیاری از موارد ابعاد فیزیکی آنها به‌وسیله عواملی همچون دسترسی به مواد در محل و همچنین ارتفاع سقف کارخانه و جرثقیل محدود می‌شود. در داخل سلول سه بخش اصلی وجود دارد.

جدول ۱- بخش‌های مختلف ماشین فلوتاسیون ستونی

بخش اول	محدودهٔ رافر	از سطح ورودی خوراک شروع شده و تا نقطه ورودی هوا ادامه دارد. بار ورودی به این محدوده وارد می شود و با برخورد حباب های هوا با بار اولیه، تفکیک بین مواد هیدروفوب و هیدروفیل در آن انجام می شود.
بخش دوم	محدودهٔ شستشو	از بخش سرریز سلول شروع شده و تا سطح خوراک دهی ادامه دارد. مواد هیدروفوبی که به حباب‌های هوا چسبیده‌اند و از محدوده رافر خارج شده اند به محدوده شستشو وارد می‌شوند بنابراین در این محدوده تجمعی از کف داریم که ذرات مواد هیدروفوب را همراه با خود دارند و به وسیله آب، شسته شده و به عنوان محصول از سلول خارج می‌شوند.
بخش سوم	محدودهٔ رمق‌گیر	از پایین بخش ورود هوا آغاز می‌شود تا کف سلول ادامه دارد. در این محدوده پمپی قرار دارد که باطله‌های محدودهٔ رافر را مجدداً با هوا مخلوط می‌کند و به سلول باز می‌گرداند تا مواد کم عیارتر باقیمانده را نیز بتوان بازیابی کرد.



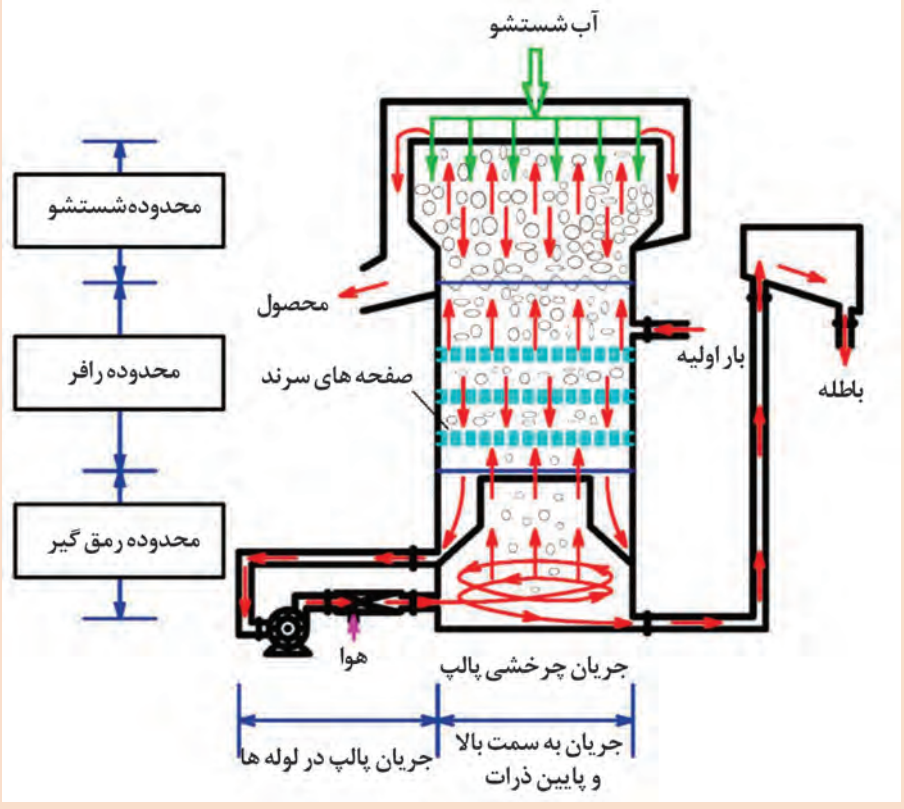
شکل ۱۸- نحوه جریان مواد در داخل ماشین فلوتاسیون ستونی



شکل ۱۹- قسمت‌های مختلف ماشین فلوتاسیون ستونی

بارش فکری

شکل ۲۰، یک ماشین فلوتاسیون ستونی را نشان می‌دهد با توجه به آن، نحوه جریان پالپ، جریان هوا و انتقال باطله و محصول را به طور کامل شرح دهید.



شکل ۲۰- ماشین فلوتاسیون ستونی

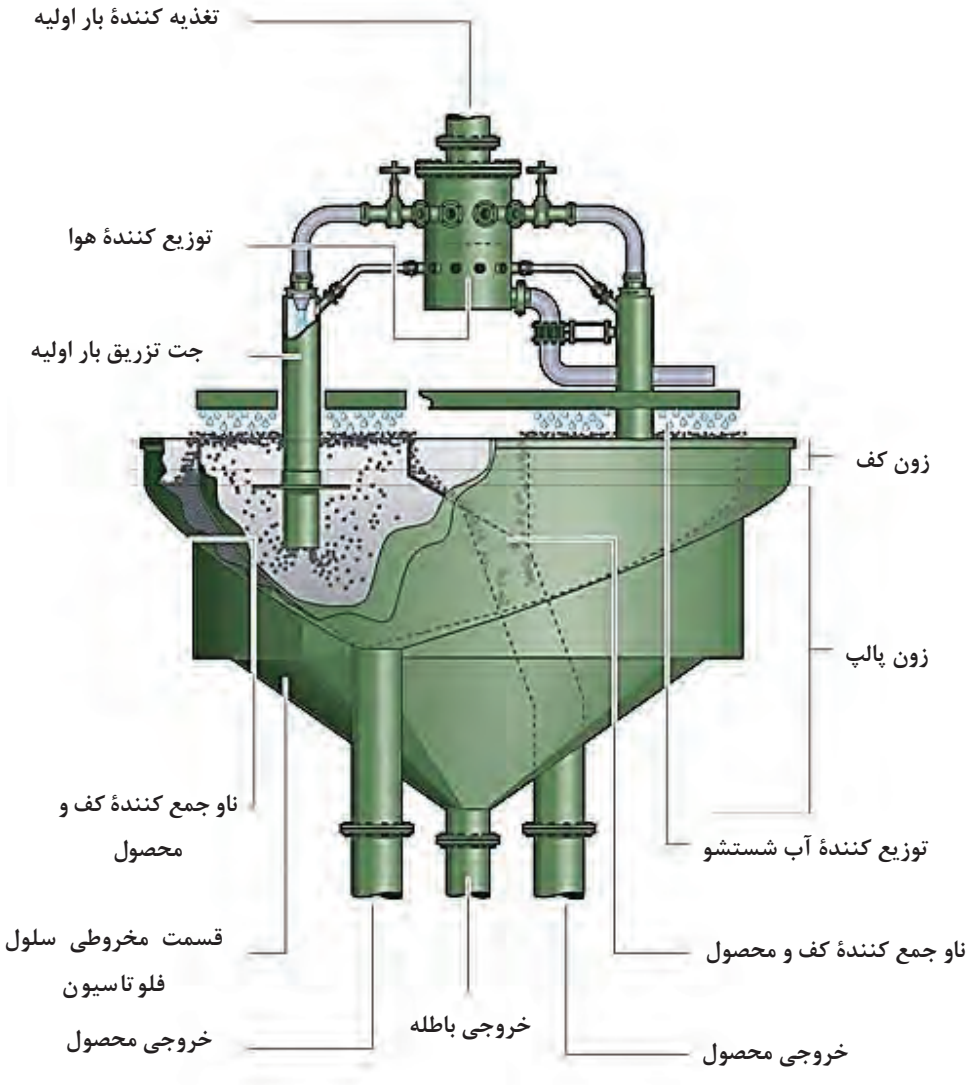
فیلم

فلوتاسیون ستونی

۲- ماشین فلوتاسیون جیمسون

این ماشین فلوتاسیون از ظرف استوانه‌ای شکلی تشکیل شده است که دارای قاعده‌ای مخروطی شکل در انتها می‌باشد بار اولیه به صورت پالپ از طریق لوله‌ای طویل و عمودی در امتداد محور سلول که تا نزدیکی ته سلول ادامه دارد وارد می‌شود. قسمت فوقانی این لوله دو جداره است پالپ از بخش میانی با سرعت و فشار زیاد (به صورت جت) وارد می‌شود و بخش خارجی با هوای محیط در ارتباط است. دراثر جریان پالپ در بخش میانی و در نتیجه کاهش فشاری که در این بخش وارد می‌شود خود به خود جریانی از هوا به داخل پالپ برقرار می‌شود. در طول مسیر دانه‌های جامد تشکیل دهندهٔ پالپ به خوبی با حباب‌های هوا در تماس قرار می‌گیرند و دانه‌های هیدروفوب بر روی حباب‌های هوا می‌چسبند. در هنگام ورود پالپ به سلول، حباب‌های هوا

همراه با دانه‌های هیدروفوب که بر روی آنها چسبیده‌اند، به سمت بالا حرکت می‌کنند و از لبه سلول سرریز می‌شوند. در بخش فوقانی سلول ناو شیبداری برای جمع‌آوری و تخلیهٔ کف پیش‌بینی شده است. در قسمت بالای سلول نیز دوش‌های آب برای شستشوی کف پیش‌بینی شده است. بدین‌ترتیب دانه‌های هیدروفیلی که در بین حباب‌های هوا قرار گرفته‌اند شسته و از قسمت تحتانی سلول تخلیه می‌شوند.
ویژگی عمده سلول جیمسون این است که ناحیه رافر در داخل لوله مرکزی قرار دارد بنابراین حجم سلول به حداقل ممکن می‌رسد. با توجه به زمان توقف کوتاهی که مواد در این سلول دارند، ظرفیت آن نسبت به سلول‌های فلوتاسیون رایج بیشتر است. در این سلول هیچ بخش متحرکی برای همزدن و جابه‌جا کردن پالپ وجود ندارد. بدین ترتیب از نظر ساختمانی بسیار ساده و در نتیجه ارزان قیمت است. سایش و خوردگی آن نیز به مراتب کمتر از سلول‌های فلوتاسیون رایج که به همزن مجهز هستند، می‌باشد.



شکل ۲۱- نحوهٔ جریان مواد در داخل ماشین فلوتاسیون جیمسون

شکل ۲۲- جت‌های تزریق پالپ در سلول فلوتاسیون جیمسون

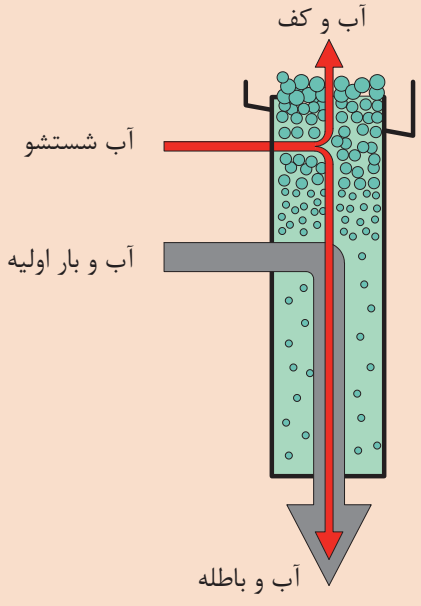
فیلم

ماشین فلوتاسیون جیمسون

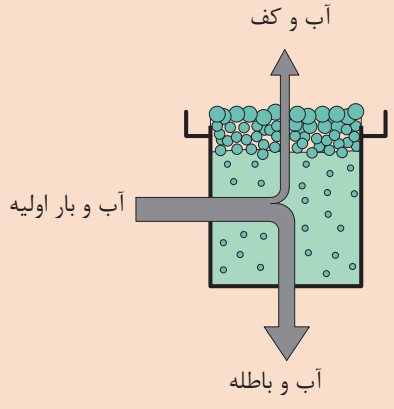
شکل ۲۳- یک ماشین فلوتاسیون جیمسون در کارخانه فراوری

بارش فکری

در شکل شماتیک زیر مقایسه ای بین نحوهٔ کار دستگاه‌های فلوتاسیون مکانیکی و هوایی انجام شده است. با توجه به این شکل و آنچه در خصوص انواع ماشین‌های فلوتاسیون در درس بیان شده است. تفاوت‌های نحوهٔ کار و استفاده از هر یک را بیان کنید.



فلوتاسیون هوایی- ستونی



فلوتاسیون مکانیکی

شکل ۲۴

روش های کنترل مدار فلوتاسیون

کنترل مدار فلوتاسیون به سه روش امکان پذیر است:

کنترل دستی:

در این روش کنترل سلول‌های فلوتاسیون توسط اپراتور دستگاه انجام می‌شود و لازم است اپراتور در هر مرحله از بار ورودی، باطله و محصول خروجی از هر سلول نمونه‌گیری کند و پس از آن نمونه‌ها را به آزمایشگاه ارسال نماید. آزمایشگاه پس از آنالیز نمونه‌ها نتایج را گزارش و با توجه به گزارش آزمایشگاه تصمیم‌گیری‌های لازم در خصوص انجام یا عدم انجام تغییرات در میزان و مقدار بار ورودی و سایر عوامل شیمیایی انجام و در فرایند توسط اپراتور اعمال می‌شود.

کنترل نیمه اتوماتیک:

در این روش تمامی اندازه‌گیری‌ها توسط سیستم‌های اندازه‌گیری مستقر در قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون انجام و نتایج بلافاصله نمایش داده می‌شود. در صورت بروز هر گونه تغییر در هر یک از این اندازه‌گیری‌ها، تصمیمات لازم در خصوص انجام واکنش مناسب گرفته شده و توسط اپراتور در فرایند اعمال می‌شود.

کنترل تمام اتوماتیک:

در این روش کنترل و اندازه‌گیری توسط سیستم‌های اندازه‌گیری مستقر در قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون انجام شده و با توجه به تغییرات احتمالی به وجود آمده، سیستم کنترل هوشمند تمام اتوماتیک، خود تصمیم‌گیری‌های لازم را انجام داده و در سیستم اعمال خواهد کرد.

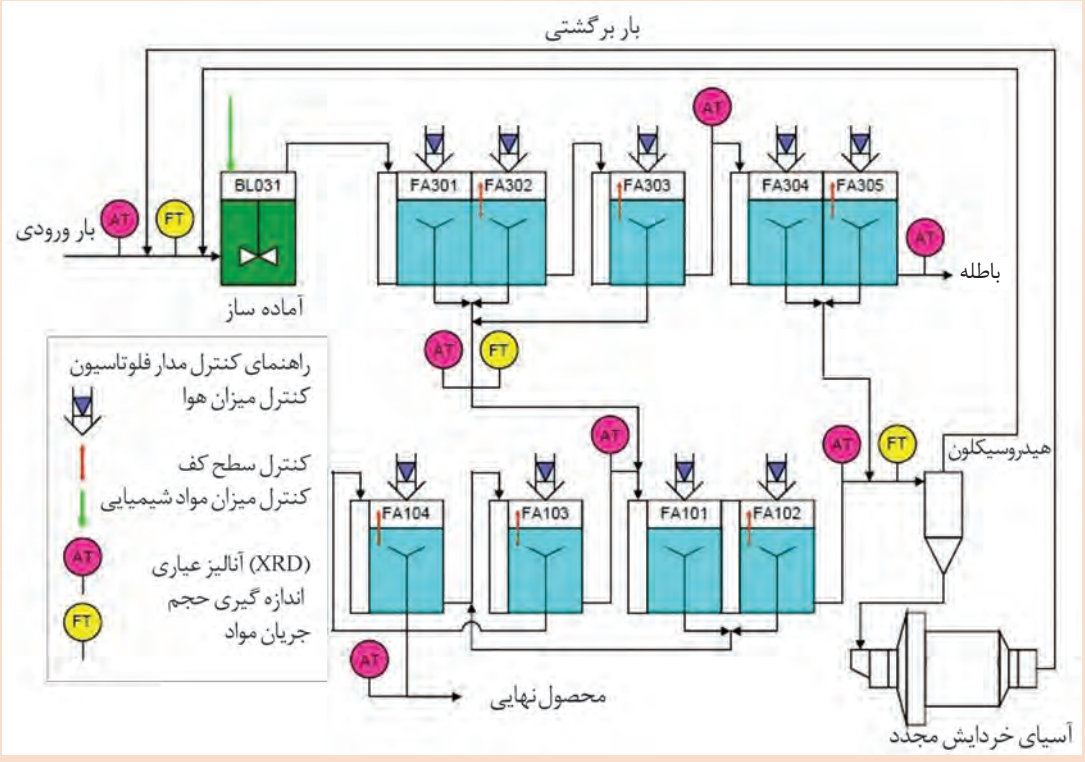
مزایا و معایب هر یک از این سیستم‌های کنترل در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۲- مزایا و معایب هر یک از این سیستم‌های کنترل

کنترل دستی	کنترل نیمه اتوماتیک	کنترل تمام اتوماتیک
■ معمولاً کارکرد سلول فلوتاسیون ناپایدار است. بنابراین نوسان در کیفیت و میزان محصول نهایی زیاد است. ■ عدم توانایی در ارائه واکنش سریع در صورت بروز تغییر در فرایند فلوتاسیون. ■ با تغییر شیفت اپراتور، در کنترل دستگاه ناپیوستگی ایجاد خواهد شد. ■ وابستگی شدید کنترل فرایند به عملکرد اپراتور دستگاه. ■ ریسک اشتباهات انسانی	■ کارکرد سلول فلوتاسیون پایدار است. بنابراین نوسان در کیفیت و میزان محصول نهایی ناچیز است. ■ توانایی پی بردن به بروز تغییر در فرایند و انجام واکنش در زمان مناسب. ■ کنترل به‌صورت پیوسته در تمام ساعات کار انجام می‌شود. ■ اپراتور زمان بیشتری برای تمرکز به وظایف خود دارد. ■ کاهش ریسک اشتباهات انسانی	■ فرایند کاملاً پایدار و هیچ‌گونه تغییر در کیفیت و میزان محصول وجود نخواهد داشت. ■ عملکرد فرایند همیشه در بهترین شرایط است. ■ با تغییر شیفت هیچ‌گونه تغییری ایجاد نخواهد شد. ■ امکان عکس‌العمل سریع در صورت ایجاد تغییر در بار ورودی و دیگر ورودی‌ها وجود خواهد داشت. ■ گزارش‌دهی اتوماتیک ■ امکان رفع اشکال دستگاه از راه دور

بارش فکری

در شکل ۲۵، انواع کنترل‌های لازم در یک مدار فلوتاسیون نشان داده شده است. با توجه به شکل، موقعیت و نوع اندازه‌گیری هر یک از این کنترل‌ها را تشریح نمایید.



شکل ۲۵- انواع کنترل‌های لازم در مدار فلوتاسیون

فعالیت کارگاهی

اپراتوری سلول‌های فلوتاسیون

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوهٔ کار مدار فلوتاسیون گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.

- ترسیم فلوشیت مدار فلوتاسیون
- تعیین تعداد و نوع بانک‌های فلوتاسیون در مدار
- تعیین نوع ماشین‌آلات مورد استفاده در هر قسمت از مدار فلوتاسیون

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۲: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوهٔ عملیات کنترل‌های: هوا، pH، آب ورودی، خوراک، سطح پالپ وکف در ماشین‌های فلوتاسیون گزارش تهیه کنید.

شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد.

- تعیین نوع کنترل مورد استفاده در مدار فلوتاسیون
- نوع تجهیزات و نحوه کنترل هوا، pH و آب ورودی
- نوع تجهیزات و نحوه کنترل خوراک، سطح پالپ وکف

مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

نکات ایمنی

تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

اخلاق حرفه‌ای

خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات، مشارکت در کارگروهی در هنگام بازدیدها

ارزشیابی مرحله‌ای: دستگاه‌های فلوتاسیون و طرز کار آنها

شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/ نمره‌دهی)	نمره
مکان:کارخانه فراوری تجهیزات: انواع سلول فلوتاسیون مواد مصرفی: آب - هوا- گریس- روغن زمان: ۴۰ دقیقه	بالاتر از حد انتظار	راه‌اندازی دستگاه فلوتاسیون و کار با رافر- رمق‌گیر- کلینر- تیکنر و ... وکنترل سلول‌های فلوتاسیون بر اساس دستورالعمل مربوطه	۳
	درست	راه‌اندازی دستگاه فلوتاسیون و کار با رافر- رمق‌گیر- کلینر- تیکنر و ... و کنترل سلول‌های فلوتاسیون	۲
	ناقص	راه‌اندازی دستگاه فلوتاسیون و کار با رافر- رمق‌گیر	۱

کاربرد داروهای شیمیایی

تذکر

یک اپراتور فلوتاسیون خوب همیشه برای حل مشکلات کاری آماده است، بنابراین از بروز مشکلات احتمالی در حین عملیات، نگران نمی‌شود.

فلوتاسیون یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های فراوری مواد معدنی است. اجرای عملیات فلوتاسیون بخصوص در مدارهایی که به صورت دستی کنترل می‌شوند وابستگی فراوانی به عملکرد اپراتور دستگاه دارد. یک اپراتور موظف است برای کار با ماشین فلوتاسیون با به‌کارگیری ابزار مناسب و با استفاده از داروهای شیمیایی از عملکرد ماشین فلوتاسیون به خوبی آگاه باشد. داروهای شیمیایی باید به مقدار کافی و در زمان مناسب به کار گرفته شود، در غیر این‌صورت شرایط کار از اختیار اپراتور خارج می‌گردد و مشکلات فراوانی را به وجود می‌آورد.

بارش فکری

در صورتی‌که کنترل شرایط کار ماشین فلوتاسیون از اختیار اپراتور خارج شود، چه مشکلاتی در مدار فراوری ایجاد خواهد شد؟ چگونه می‌توان از ایجاد این مشکلات جلوگیری کرد؟

یک اپراتور ماشین فلوتاسیون باید اتصالات ماشین، ورود پالپ، جدایش مواد در سلول، نحوهٔ خروج باطله و محصول، میزان هوای مورد نیاز و شیر تنظیم هوا را کنترل کند.

نکات مهم در خصوص اپراتوری ماشین های فلوتاسیون

یک اپراتور دستگاه فلوتاسیون باید نکات زیر را بداند و همیشه آنها را اجرا کند:

- شناخت فرایند کار دستگاه‌های فلوتاسیون و نحوهٔ اجرای عملیات فلوتاسیون در هر یک از این ماشین‌ها (دانستن شیمی فرایند فلوتاسیون برای اپراتور ضروری نیست).
- افزودن مواد شیمیایی برای آبران کردن کانی‌های با ارزش پالپ و جدا کردن آنها
- آماده‌سازی پالپ با افزودن سایر مواد شیمیایی
- ارسال پالپ به داخل ماشین فلوتاسیون
- افزودن کف‌ساز برای ایجاد حباب‌های مناسب برای چسبیدن ذرات کانی‌های با ارزش به این حباب‌ها
- ارسال حباب‌های باردار توسط پارو به داخل ظروف شستشو
- افزودن مواد شیمیایی به میزان کافی به منظور اجرای کار صحیح ماشین فلوتاسیون در شرایط مناسب که در واقع این موارد هنر اصلی اپراتور می باشد.
- اپراتورها و مدیران یک کارخانه فلوتاسیون باید با تبادل اطلاعات و تجارب خود با یکدیگر، بهترین بهره‌وری را در اجرای کار داشته باشند.

- تهیه نمودار و نوشتن تجارب افراد متخصص و نمونه‌برداری توسط اپراتور می‌تواند در دراز مدت باعث تبدیل شدن اپراتور به یک فرد قابل و با توانایی بالا در کنترل مدار فلوتاسیون شود.
- اپراتور باید مقدار پالپ ورودی به رافر را مشخص کند و در طول مدت کار کم و بیش آن را ثابت نگه دارد. برای این کار می‌بایست میزان سرریز از سلول فلوتاسیون را هم کنترل کند.
- کنترل عملکرد صحیح ماشین فلوتاسیون می‌بایست طبق برنامهٔ زمان‌بندی مناسب و بدون تأخیر انجام شود. همچنین اپراتور می‌بایست از انجام کنترل‌های بی مورد و پی در پی و غیرضروری پرهیز کند.
- تفکر سیستمی و یادگیری مادام‌العمر از جمله مواردی است که اپراتور باید به آن توجه ویژه داشته باشد.
- کنترل نمونه‌گیرها، میزان و مقدار سرریزها و کنترل دریچه‌های هوا الزامی است.

اخلاق حرفه‌ای

اجرای خوب عملیات فلوتاسیون از جمله آرزوهای دست‌یافتنی یک اپراتور مسئولیت‌پذیر است، که اگر تحقق یابد سایر فرایندهای فراوری سهل و آسان می‌گردد.

- رفع اشکالات فنی توسط اپراتور با کمک افراد خبره در کار مورد نظر و نترسیدن از پرسیدن سؤال

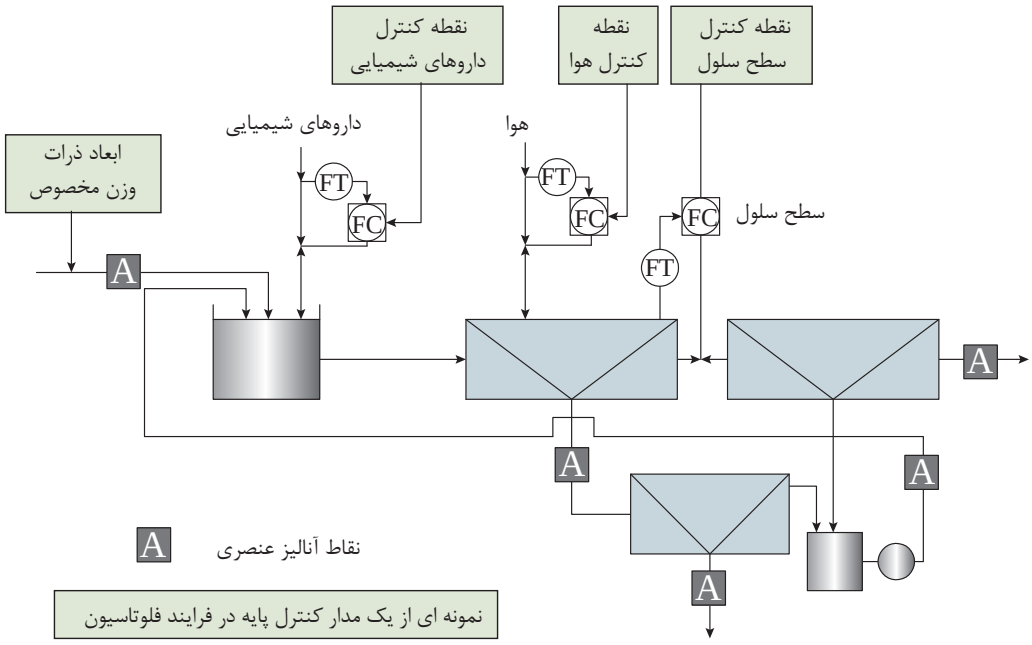
تذکر

پرسیدن عیب نیست، ندانستن عیب است.

کنترل در مدار فلوتاسیون

در فلوشیت صفحهٔ بعد تجهیزات و موقعیت قرارگیری ابزار کنترل در یک مدار فلوتاسیون نشان داده شده است. این فلوشیت که به عنوان نمونه آورده شده است، تجهیزات پایه مورد نیاز جهت کنترل مدار فلوتاسیون را با علامت ◘ نشان می‌دهد. تجهیزات کنترل برای هر یک از سلول‌ها به‌طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از:

۱ تجهیزات کنترل داروهای شیمیایی
۲ تجهیزات کنترل هوای مورد نیاز سلول
۳ تجهیزات کنترل سطح پالپ و کف در سلول



شکل ۲۶- نمونه ای از یک فلوشیت موقعیت تجهیزات کنترل در مدار فلوتاسیون

کنترل داروهای شیمیایی

یک اپراتور باید نوع مواد شیمیایی مقدار آن و کاربرد هر یک را به خوبی بداند.

عمدتاً سه دسته مواد شیمیایی در فلوتاسیون به کار می‌رود که اپراتور باید از آنها آگاه باشد (این مواد به تفصیل در کتاب دانش فنی تخصصی معرفی شده است).

فعال کننده‌ها: که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: آهک، سولفات مس، مواد قلیایی و سیلیکات سدیم که بسته به نیاز می‌توانند متفاوت باشند. به عنوان مثال آهک برای جدا کردن پیریت در فلوتاسیون و تنظیم pH محیط به کار می‌رود.

کلکتورها: که جمع‌کنندهٔ کانی‌های دلخواه می‌باشند و عبارت‌اند از: تیو فسفات‌ها، گزنتات‌ها، کلکتورهای با آنیون‌های اسید سولفوریک و گروه کربوکسیل‌ها.

کف‌سازها: مواد شیمیایی هستند که با ایجاد حباب، کانی‌های با ارزش را از پالپ جدا می‌کنند. بعضی از کف‌سازها شامل روغن کاج، اسیدهای چرب، MIBC و ... می‌باشند.

اگرچه مواد شیمیایی بسیار متنوعند اما در کارخانه‌ها معمولاً سه الی چهار نوع از آنها به‌کار می‌روند و یک اپراتور موظف است که نوع و مقدار دقیق مورد نیاز را برای ماشین فلوتاسیون استفاده کند.

اگر یک اپراتور میزان مواد شیمیایی را کمتر و یا بیشتر از مقدار مورد نیاز استفاده کند شرکت را دچار زیان مالی کرده و نتایج آزمایش‌های حاصل از نمونه‌ها هم نادرست خواهد بود. میزان و نوع مواد شیمیایی مورد استفاده در فلوتاسیون می‌بایست توسط کارشناسان و متخصصین فلوتاسیون محاسبه و به اپراتور جهت اجرا اعلام گردد (در بعضی از مدارهای فلوتاسیون بعد از تنظیم میزان مواد شیمیایی مقادیر به طور اتوماتیک به پالپ افزوده می‌شود).

کنترل هوا

مهم‌ترین متغیر در سیستم کنترل عملیات هر سلول فلوتاسیون است.

هر سلول فلوتاسیون مجهز به یک سیستم کنترل هوای مجزا می‌باشد.

هوای مورد نیاز می‌تواند توسط دمنده‌های با فشار کم تولید شود.

میزان جریان هوا تأثیر مستقیم بر میزان عیار و بازیابی محصول دارد.

شکل ۲۷- سیستم کنترل هوا

کنترل ارتفاع سطح

تجهیزات کنترل ارتفاع سطح پالپ و یا عمق کف یکی از مهم‌ترین ابزارهای کنترل در هر سلول فلوتاسیون می‌باشد.

اندازه‌گیری ارتفاع سطح پالپ توسط ابزارهای دستی، مکانیکی و فراصوت انجام می‌شود.

تنظیم ارتفاع سطح سلول براساس نتایج به دست آمده از سطح سنج و به وسیله شیرهای تخلیه انجام می‌شود.

کنترل نامناسب ارتفاع سطح سلول، باعث به وجود آمدن مشکل در اجرای عملیات فلوتاسیون و کاهش عیار و بازیابی می‌شود.

محل قرارگیری سطح سنج مکانیکی در یک سلول فلوتاسیون

محل قرارگیری شیرهای تخلیه درون یک سلول (کف سلول)

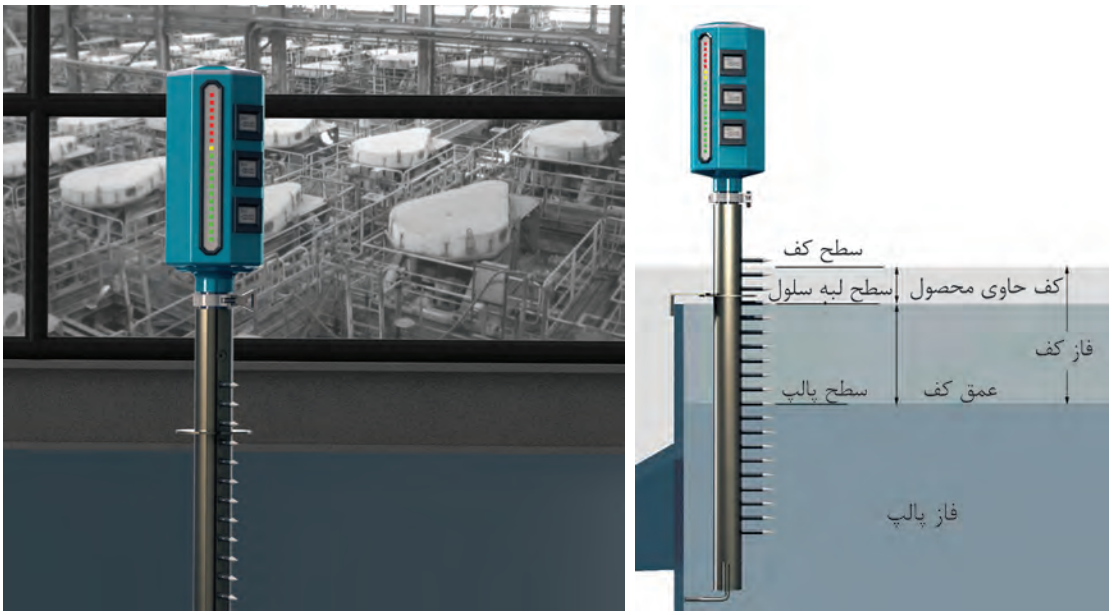
شکل ۲۸

نکات مهم در کنترل ارتفاع سطح در سلول

- اپراتور موظف است به طور منظم میزان کف و حباب‌های حاوی ذرات کانی را مشاهده کند.
- با نمونه‌گیری از کف و استفاده از تجارب افراد خبره می‌توان میزان ذرات جمع شده توسط حباب‌های هوا و نوع کانی را تشخیص داد.
- در اثر تکرار این تجارب می‌توان قبل از آزمایش میزان عیار موجود در محصول و میزان بازیابی سلول فلوتاسیون را پیش‌بینی کرد. بر همین اساس در برخی از کارخانه‌ها با استفاده از دوربین‌های مخصوص نحوهٔ عملکرد سلول فلوتاسیون پیش‌بینی و کنترل می‌شود.

شکل ۲۹- کنترل ابعاد و سطح کف در سلول فلوتاسیون

- ابعاد کف در سلول‌های رافر و کلینر باید در حد مشخصی مثلاً حدود یک اینچ باشد تا بتواند حامل مناسبی برای ذرات کانی‌های با ارزش بشود.
- کف باید بتواند مقاومت کافی برای حمل ذرات را داشته و هنگام خروج از پالپ و افتادن در ظرف شستشو به راحتی بترکد تا ذرات مواد معدنی از آن جدا شوند.
- با عمق‌سنج می‌توان میزان کف و حباب‌های تولید شده را مشخص نمود. عمق‌سنج به صورت دستی، مکانیکی و فراصوت ساخته می‌شود. امروزه عمدتاً از عمق‌سنج‌های مکانیکی استفاده می‌شود. به کمک این عمق‌سنج‌ها می‌توان میزان کف تولید شده در سلول و حباب‌های حامل ذرات کانی را اندازه‌گیری کرد. با کنترل اندازه‌گیری این مقادیر می‌توان از پایدار بودن فرایند فلوتاسیون اطمینان حاصل نمود.



شکل ۳۰- دستگاه مکانیکی کنترل سطح پالپ و کف در سلول فلوتاسیون

■ عمق مناسب کف در ماشین‌های فلوتاسیون به‌طور متوسط حدود ۸ اینچ (۲۰ سانتی‌متر) می‌باشد. سطح پالپ و عمق کف برای رسیدن به بهترین شرایط توسط کارشناسان متخصص تعیین شده و به اپراتور اعلام می‌گردد.

اصول گزارش نویسی در استفاده از مواد شیمیایی

هر اپراتور مدار فلوتاسیون لازم است در پایان شیفت کاری خود گزارشی که نشان‌دهندهٔ کلیه فعالیت‌های مهم انجام شده در طی آن دوره زمانی است را تهیه، ثبت و در اختیار افراد مافوق و اپراتور شیفت بعدی قرار دهد. در همین رابطه نمونه ای از فرمت گزارش نویسی مدار فلوتاسیون نشان داده شده است.

گزارش اپراتور شیفت فلوتاسیون				
نام و نام خانوادگی اپراتور:			تاریخ:	
شیفت کاری:	نام واحد فراوری:		نام بخش:	
کنترل مدار فلوتاسیون				
ساعت کنترل ماشین فلوتاسیون	ساعت کنترل			
	شروع شیفت			اتمام شیفت
اندازه گیری pH				
کنترل تسمه و اتصالات				
کنترل لوله های حامل پالپ				
کنترل بلبرینگ ها				
نشتی سلول ها				
سوختگی و بوی نامطبوع				
وجود روغن و گریس در پالپ				

ثبت گزارش ها، دستورهای دریافتی و اقدامات انجام شده		
ردیف	گزارش‌های ارائه شده به مهندس ناظر	ساعت ارائه گزارش
۱		
۲		
۳		
ردیف	دستورات دریافتی از مقام مافوق	ساعت دریافت دستور
۱		
۲		
۳		
ردیف	اقدام انجام شده	ساعت انجام اقدام
۱		
۲		
۳		

آخرین تغییرات در نرخ استفاده از داروهای مصرفی در شیفت کاری				
نوع دارو		نرخ استفاده (گرم بر تن)	نوع دارو	نرخ استفاده (گرم بر تن)
کلکتور			بازداشت کننده	
تنظیم کننده pH			کلکتور	
فعال کننده			کف ساز	
نام و نام خانوادگی اپراتور شیفت امضا			نام و نام خانوادگی اپراتور شیفت امضا	

فعالیت کارگاهی

تهیه داروهای شیمیایی، مخلوط کردن با پالپ و ارائه گزارش شیفت کاری فلوتاسیون

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوهٔ تهیه و مخلوط کردن داروهای شیمیایی با پالپ گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت: گزارش می بایست شامل موارد زیر باشد.

تعیین نوع ماشین فلوتاسیون مورد استفاده و کنترل قسمت های مختلف آن

نوع و مشخصات پالپ ورودی شامل میزان درصد جامد و عیار بار ورودی، دبی باردهی به فلوتاسیون

نوع و میزان تنظیم کننده، متفرق کننده، فعال کننده، بازداشت کننده، کلکتور و کف‌ساز مورد استفاده

ابعاد، رنگ، عمق و شکل کف در سطح هر یک از سلول‌های فلوتاسیون

کار عملی ۲: با توجه به بازدید انجام شده در مراحل قبلی، نمونه فرم ارائه شده در کتاب را تکمیل کنید و به هنرآموز خود ارائه نمایید.

شرح فعالیت: تکمیل فرم گزارش اپراتور شیفت فلوتاسیون ارائه شده در کتاب

مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

نکات ایمنی

تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

اخلاق حرفه‌ای

خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

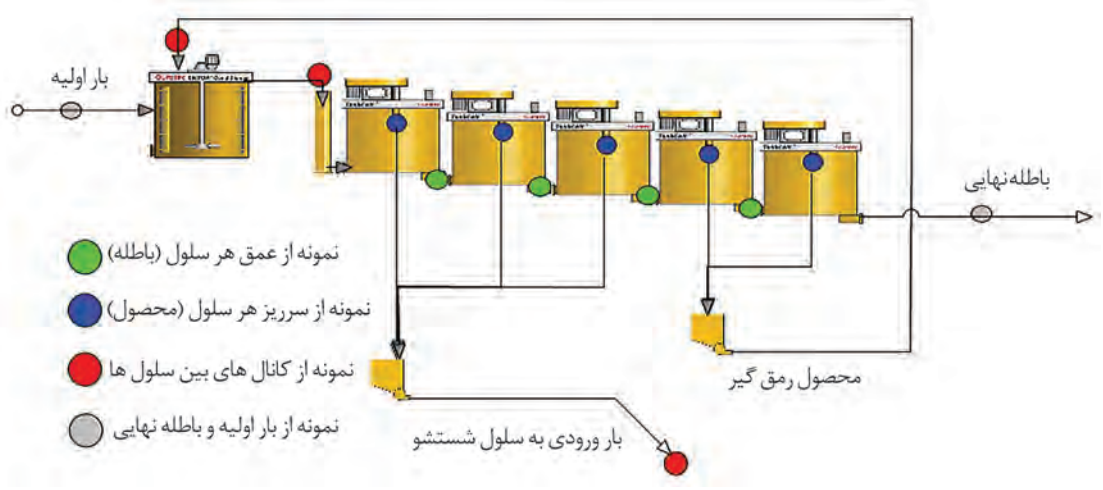
ارزشیابی مرحله‌ای: اپراتوری عملیات فلوتاسیون و تهیه دارو (مواد شیمیایی)

شرایط عملکرد (ابزار،مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها/داوری/ نمره‌دهی)	نمره
مکان:کارخانه فراوری تجهیزات: انواع سلول فلوتاسیون مواد مصرفی: آب - هوا- گریس- روغن زمان: ۴۰ دقیقه	بالاتر از حد انتظار	انجام عملیات کنترل و اپراتوری دستگاه های فلوتاسیون و تهیه گزارش شیفت طبق فرمت و اندازه گیری میزان داروهای شیمیایی مورد استفاده در شیفت	۳
	درست	انجام عملیات کنترل و اپراتوری دستگاه های فلوتاسیون و تهیه گزارش شیفت طبق فرمت	۲
	ناقص	اپراتوری دستگاه فلوتاسیون و عدم توانایی در کنترل آن	۱

نمونه گیری در عملیات فلوتاسیون

بارش فکری

تصویر ۳۱ قسمت‌های مختلف یک مدار فلوتاسیون را که نیاز به نمونه‌گیری دارد نشان می‌دهد. فکر می‌کنید هر یک از این نمونه‌گیری‌ها با چه هدفی و با چه ابزاری انجام می‌شوند و نتایج حاصل از آنالیز و مطالعات این نمونه‌ها چگونه می‌توانند در بهینه سازی فرایند فلوتاسیون کمک کنند.



شکل ۳۱- قسمت‌های مختلف نمونه‌گیری در یک مدار فلوتاسیون

برای کنترل مدار فلوتاسیون در یک کارخانه فراوری و بهینه‌سازی عملکرد هر بخش از سلول‌های فلوتاسیون، لازم است از بار اولیه و همچنین بار ورودی و خروجی به هر یک از سلول‌های فلوتاسیون طبق برنامهٔ زمان‌بندی مشخصی نمونه‌گیری انجام شود تا بتوان از نظر کمی و کیفی بررسی‌های لازم را انجام داد.
نمونه‌های گرفته شده برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلفی آنالیز و مطالعه می‌شوند که عبارت‌اند از:

- آنالیز شیمیایی
- مطالعات کانی‌شناسی
- میزان درصد آب
- دانه بندی

اهداف نمونه‌گیری عبارت‌اند از:

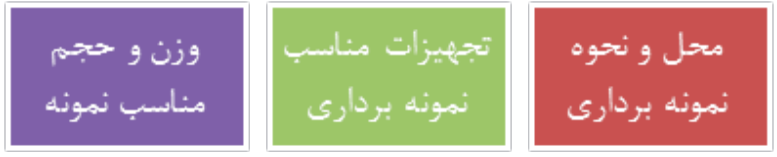
- اندازه گیری میزان تولید
- محاسبات متالورژیکی
- عیب یابی مدار
- بهینه سازی فرایند

جدول ۳- اهداف نمونه‌گیری از مدار فلوتاسیون

هدف	توضیحات
اندازه‌گیری میزان تولید	این اندازه‌گیری نشان دهندهٔ میزان کارایی کارخانه است به طوری که می‌تواند نشان دهد عملکرد مدار پرعیارسازی فلوتاسیون طبق طراحی‌های انجام شده است و یا خیر(که در این صورت نیاز به اعمال تغییراتی خواهد داشت).
محاسبات متالورژیکی	با استفاده از این محاسبات می‌توان میزان تغییرات کانی‌شناسی و عیار بار ورودی و تأثیر آن در قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون و بار نهایی را اندازه‌گیری کرد. بدین ترتیب از هدر رفتن کانی‌های مورد نظر در اثر ایجاد تغییرات کانی‌شناسی در بار اولیه جلوگیری می‌شود.
عیب‌یابی مدار	با اندازه‌گیری ابعادی و عیارسنجی از قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون با دقت قابل قبولی مشکلات احتمالی ایجاد شده در مدار را نشان می‌دهد.
بهینه سازی فرایند	دستیابی به این هدف، شامل فرایندی پیچیده است که با اندازه‌گیری میزان دبی جریان، درصد جامد و میزان عیار ماده معدنی و بار ورودی و خروجی به سلول‌های فلوتاسیون امکان مدل‌سازی و ارائه راهکارهای لازم جهت بهینه کردن فرایند را فراهم می‌سازد.

عملیات نمونه‌برداری از مدار فلوتاسیون

اپراتور مدار فلوتاسیون جهت برداشت نمونه می‌بایست سه نکته مهم را مدنظر داشته باشد:



۱- محل و نحوه مناسب نمونه‌برداری:

نمونه‌برداری از مدارهای فلوتاسیون، شامل نمونه‌گیری از بار اولیه ورودی، جریان پالپ در پایین سلول و کف در سطح سلول می‌باشد. برای نمونه‌گیری از هر یک از این جریان‌ها باید به نکاتی توجه کرد تا خطا به حداقل برسد.

۱-۱- نمونه‌برداری از جریان‌های پالپ فلوتاسیون

- جعبه‌های میانی بین بانک‌های فلوتاسیون، به دلیل اختلاط مطلوب مواد محل‌های مناسبی برای نمونه‌برداری هستند.
- برخی از مواقع در بالای این جعبه‌ها کف تجمع می‌یابد که در هنگام نمونه‌برداری از پالپ باید مراقب آن بود و نمی‌توان از آنها نمونه‌برداری کرد.

۱-۲- نمونه‌برداری از جریان‌های سطح سلول (محصول فلوتاسیون)

■ مهم‌ترین عامل در نمونه‌برداری از جریان کف در سطح سلول های فلوتاسیون، اندازه‌گیری دقیق دبی کف است. روش صحیح برای تهیه نمونه از کف، هدایت جریان کف وارد شده به کانال کف به یک مخزن کوچک و سپس، جمع‌آوری نمونه است. یک اشتباه رایج برای نمونه برداری از کانال کف، ایجاد یک کانال کوچک در آن و جمع آوری نمونه از آن است. این کانال کوچک به دلیل دسترسی بسیار کم از دقت مطلوبی برخوردار نیست. زمانی که برای نمونه گیری از شیلنگ استفاده می شود، باید شیلنگ به گونه ای نصب شود تا جریان را بدون اتلاف به ظرف جمع آوری نمونه هدایت کند.

■ می‌توان با قرار دادن یک ظرف با حجم مناسب و برای مدت معین در مسیر جریان کانال، دبی را اندازه‌گیری کرد.

■ چنانچه برای انتقال کنسانتره از پمپ استفاده می‌شود، می‌توان از نمونه‌گیری‌های جریان استفاده نمود. جهت به حداقل رساندن تأثیر حباب‌های هوا بر اندازه گیری می بایست در قسمت‌هایی که حداکثر فشار وجود دارد اندازه‌گیری را انجام داد.

■ برای نمونه برداری جهت اندازه‌گیری عیار و دبی جریان بهترین روش برداشت جزء نمونه در فواصل زمانی ۲۰ دقیقه است. بدین ترتیب هر ۲۰ دقیقه یک جزء نمونه برداشت می‌شود که در نهایت این جزء نمونه را با هم مخلوط کرده و به عنوان یک نمونه به آزمایشگاه ارسال می‌شود.

جدول ۴- بایدها و نبایدهای نمونه‌برداری

باید ها	نبایدها
■ تحت هر شرایطی، از اصول صحیح نمونه‌برداری پیروی کنید. ■ به هر جریان جدید در مدار دسترسی پیدا کنید. ■ دبی جریان‌های کلیدی کنسانتره و جریان‌های برگشتی را مشخص کنید. برای هر جریان پالپ، یک نمونه دبی‌سنجی و یک نمونه برای تعیین درصد جامد جریان نیاز است. ■ تجهیزات نمونه‌برداری را در محل مناسب نمونه‌گیری قرار دهید. ■ برای نمونه‌گیری از کف، اجازه دهید تا کل کف در کانال جریان یابد.	■ نمونه‌گیری از ورودی لوله‌ها به حوضچه دارای فشار بالایی هستند و نمونه‌برداری از آنها مشکل است. بنابراین تا حد ممکن از آنها نمونه‌برداری نکنید. ■ استفاده از تجهیزات نمونه‌برداری دست‌ساز و غیراستاندارد ممنوع است. ■ برای برداشت نمونه‌های عیار سنجی از جریان‌های دانه درشت استفاده نکنید. ■ از سالم و تمیز بودن تجهیزات نمونه‌برداری اطمینان حاصل کنید. برای نمونه‌برداری از هر محل می‌بایست از تجهیزات مخصوص به همان محل استفاده کرد.

۲- تجهیزات مناسب نمونه گیری

بخشی از تجهیزات اصلی نمونه‌گیری از مدارهای فلوتاسیون عبارت‌اند از:

۲-۱- تجهیزات نمونه گیری از عمق[۱] هر سلول فلوتاسیون

این تجهیزات جهت برداشت نمونه از باطله‌های هر یک از سلول‌ها استفاده می‌شوند. بدین‌ترتیب که نمونه‌گیر به انتهای سلول هدایت شده و با کشیدن یک طناب درب نمونه‌گیری برای زمان کوتاهی بازشده و مواد موجود در کف سلول وارد آن می‌شوند. سپس طناب رها شده و درب نمونه‌گیر بسته می‌شود و به بیرون سلول هدایت می‌شود.

شکل ۳۲- الف) تجهیزات نمونه‌گیری از عمق هر سلول، ب) عملیات برداشت نمونه از عمق یک سلول، با قرار دادن نمونه‌گیر در عمق سلول و کشیدن طناب برای باز شدن درب آن

همچنین درصورتی‌که نیاز باشد می‌توان از محل‌های مختلف داخل یک سلول فلوتاسیون و در دفعات متعدد نمونه‌گیری کرد، استفاده از پمپ نمونه‌گیری ابزار بسیار مناسبی است. بنابراین با قرار دادن یک پمپ در مکان مناسب می‌توان عملیات نمونه‌گیری را به‌راحتی انجام داد.

شکل ۳۳- یک پمپ نمونه‌گیری دیافراگمی که برای نمونه‌گیری از عمق سلول فلوتاسیون به کار می‌رود

۱- Deep Sampler

۲-۲- تجهیزات نمونه گیری از سرریز سلول فلوتاسیون

نمونه‌گیری از سرریز هر سلول می‌تواند مستقیماً از حباب‌های حاوی ذرات محصول که وارد کانال جمع‌آوری کف شده‌اند انجام شود. ابزار نمونه‌گیری از سرریز[۱] هر سلول در شکل ۳۴ نشان داده شده است. ظرف نمونه‌گیر باید قبل از نمونه‌برداری کاملاً تمیز باشد و نمونه‌برداری در هر نوبت می‌بایست از یک محل مشخص در کانال جمع‌آوری کف سلول فلوتاسیون انجام شود.

شکل ۳۴- تجهیزات نمونه گیری از سرریز سلول فلوتاسیون

۲-۳- تجهیزات نمونه‌گیری از جریان‌های بین سلول فلوتاسیون

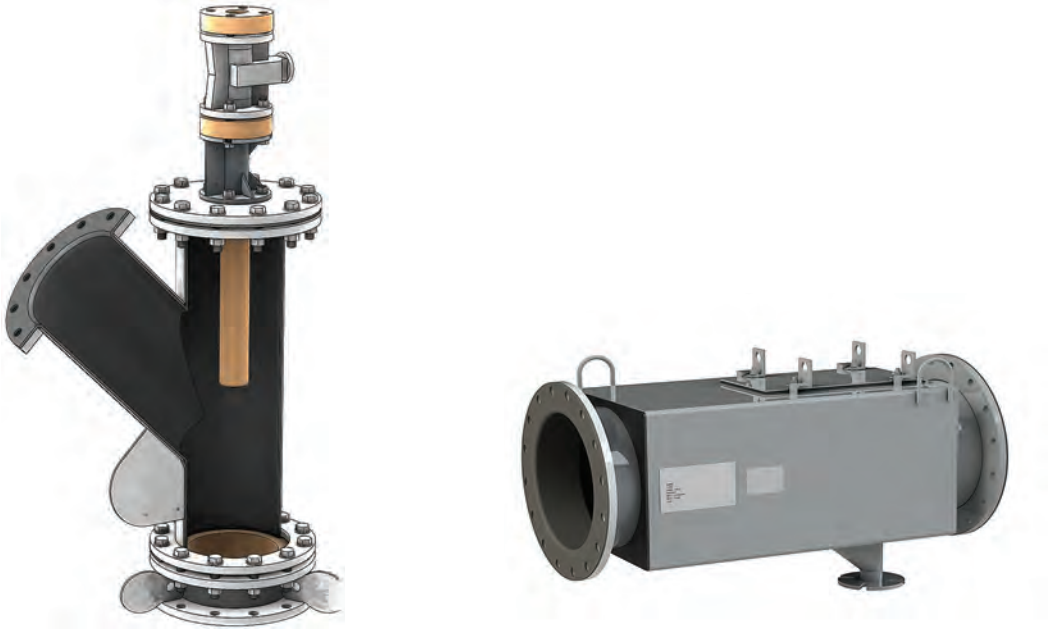
تجهیزات نمونه‌گیری از جریان های بین سلول فلوتاسیون‌ها که اصطلاحاً به آنها کاتر[۲] می‌گویند به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: کاترهای دستی که نمونه‌گیری از جریان‌های روباز را انجام می‌دهند و کاترهای استاتیک که تجهیزات نمونه‌گیری از جریان‌های داخل لوله‌ها هستند.

کاترهای دستی: وقتی از کاترهای دستی جهت نمونه‌گیری استفاده می‌شود مهم است که کاتر به نحوی در مسیر جریان قرار گیرد که عمود بر جریان پالپ باشد و از کل عرض جریان پالپ در کانال، نمونه‌گیری انجام شود، نمونه‌گیری همیشه از یک مکان مشخص انجام شود و نمونه از روی کاتر سرریز نشود.

۱- Lip Sampler
۲- Cutter Sampler

شکل ۳۵- تجهیزات نمونه‌گیری از کانال‌های بین سلول‌های فلوتاسیون (کاتر دستی)

کاتر استاتیک: درصورتی‌که از لوله جهت انتقال مواد استفاده شود، کاترهای نمونه‌گیر دستی قابلیت دسترسی به پالپ را ندارند، بنابراین می‌بایست از تجهیزات نمونه‌گیری کاتر استاتیک در مدار استفاده کرد. این تجهیزات نمونه‌گیری در مسیر لوله‌های جریان پالپ نصب می‌شوند و قادر هستند به صورت پیوسته و یا ناپیوسته نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌های لازم از پالپ را انجام دهند. به عنوان مثال کاترهای استاتیک قادرند همراه با دستگاه‌های آنالیز عنصری XRF به طور پیوسته به کار گرفته شوند و وضعیت کلی عیار پالپ را نشان دهند. همچنین از نوع دیگری از این نمونه‌گیرها برای اندازه‌گیری مقدار فشار جریان استفاده می‌شود.



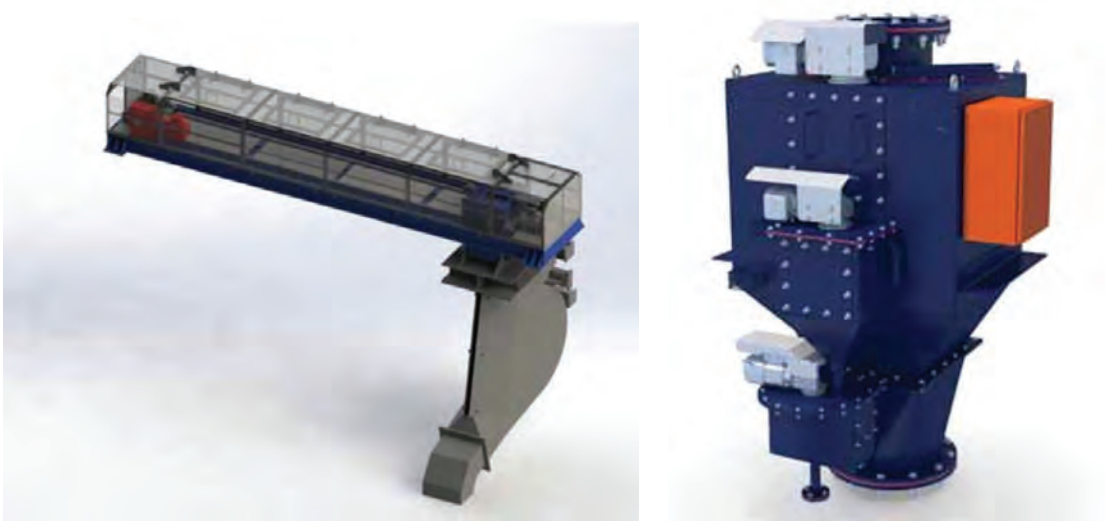
الف **ب**

شکل ۳۶- دستگاه های نمونه‌گیر کاتر استاتیک

الف) اندازه گیری عیار با نصب دستگاه XRF، ب) اندازه گیری فشار جریان با نصب فشار سنج

۲-۴- تجهیزات ثابت نمونه‌گیری از بار اولیه، محصول و باطلهٔ نهایی

این تجهیزات نمونه‌گیری به طور ثابت در ابتدا و انتهای مدار نصب می‌شوند. نمونه‌های برداشت شده از این تجهیزات ثابت نمونه‌گیری برای آنالیز عنصری، مطالعات کانی‌شناسی، اندازه‌گیری دبی جریان و درصد جامد موجود در پالپ استفاده می‌شوند. نمونه‌برداری با استفاده از این تجهیزات ثابت در هر لحظه ممکن است.



شکل ۳۷- تجهیزات ثابت نمونه‌گیری از بار اولیه، محصول و باطلهٔ نهایی

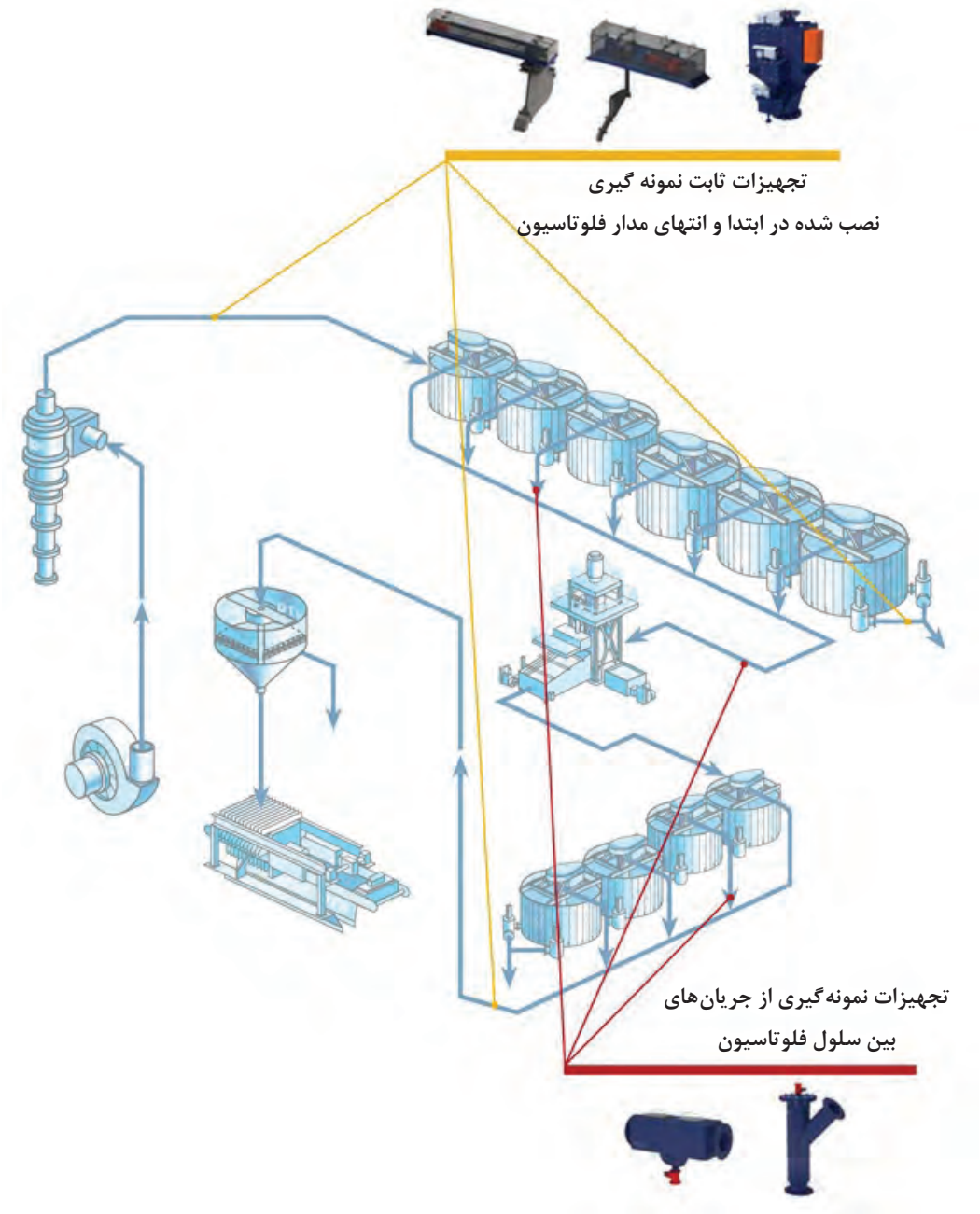
فیلم

تجهیزات نمونه‌گیری از مدار فلوتاسیون

براساس مدار ارائه شده در بارش فکری ابتدای این مبحث (شکل ۳۱) تجهیزات مورد استفاده در هر قسمت از مدار فلوتاسیون را می‌توان به شرح ذیل دسته بندی نمود:

جدول ۵

نشانه	محل نمونه گیری	تجهیزات نمونه‌گیری
	نمونه از عمق هر سلول (باطله)	پمپ، نمونه‌گیر از عمق
	نمونه از سرریز هر سلول (محصول)	نمونه گیر از سرریز
	نمونه از کانال‌های بین سلول ها	کاترهای دستی و کاترهای استاتیک
	نمونه از بار اولیه و باطلهٔ نهایی	تجهیزات ثابت نمونه برداری



شکل ۳۸- موقعیت قرارگیری تجهیزات ثابت نمونه‌گیری و تجهیزات نمونه‌گیری کاتر استاتیک در مدار فلوتاسیون

۳- وزن و حجم مناسب نمونه

وزن و یا حجم مناسب نمونه‌ها توسط مهندسان طراح مدار محاسبه و در اختیار اپراتور قرار می‌گیرد. بنابراین نمونه‌برداری همیشه می‌بایست طبق حجم و وزن اعلام شده و طبق دستورالعمل برای هر قسمت انجام گیرد.

فعالیت کارگاهی

نمونه‌گیری از مراحل مختلف عملیات فلوتاسیون و تنظیمات لازم

کارعملی ۱: بازدید از یک واحد فراوری و مشاهدهٔ نحوهٔ نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف مدار فلوتاسیون و تهیه گزارش از آن

شرح فعالیت: گزارش می‌بایست شامل موارد زیر باشد:

موقعیت هر یک از نقاط نمونه‌برداری

دورهٔ زمانی برداشت نمونه در هر موقعیت

هدف از برداشت هر نمونه

تجهیزات مورد استفاده جهت برداشت نمونه

نوع آنالیز انجام شده بر روی هر نمونه

نحوهٔ انجام تنظیمات لازم در مدار فلوتاسیون براساس نتایج

تصاویر و فیلم از مدار فلوتاسیون و تجهیزات نمونه برداری

ارائهٔ گزارش به هنرآموز

مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

نکات ایمنی

تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

اخلاق حرفه‌ای

خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: نمونه‌گیری در مدارهای فلوتاسیون

شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها/داوری/ نمره‌دهی)	نمره
مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: دستورالعمل نمونه‌برداری- ظروف نمونه گیری مواد مصرفی: نوشت افزار زمان: ۱۰ دقیقه	بالاتر از حد انتظار	تعیین محل نمونه‌برداری، هدف از نمونه‌برداری، تجهیزات مناسب نمونه برداری و انجام تنظیمات لازم در مدار فلوتاسیون طبق نتایج و بر اساس دستورالعمل	۳
	درست	تعیین محل نمونه‌برداری، هدف از نمونه‌برداری، تجهیزات مناسب نمونه برداری و انجام مراحل بر اساس دستورالعمل	۲
	ناقص	تهیه نمونه خارج از استاندارد	۱

ماشین‌آلات و تجهیزات فلوتاسیون می‌بایست براساس طراحی انجام شده کار کنند، ایجاد هر گونه خطا و یا مشکل در مدار فلوتاسیون باعث ایجاد تغییر نسبت به طراحی اولیه شده و به تبع آن میزان عیار و یا بازدهی مدار فلوتاسیون کاهش خواهد یافت. جهت جلوگیری از این گونه تغییرات افراد مختلفی که شامل اپراتورها، تعمیرکاران و مهندسین ناظر هستند، در سطوح مختلف بر روی فرایند نظارت می‌کنند. بنابراین بهترین اقدام جهت داشتن فرایند پایدار و تولیدی با حداکثر راندمان، انجام نگهداری و سرویس ماشین‌آلات و تجهیزات به صورت دوره‌ای و منظم است.

امروزه با توجه به کاهش عیار ذخایر معدنی و افزایش ظرفیت کارخانه‌های فراوری بیشتر از سلول‌های بزرگ فلوتاسیون استفاده می‌شود. اگرچه استفاده از سلول‌های بزرگ‌تر هزینه‌های سرویس و نگهداری ماشین‌های کوچک‌تر را ندارند. اما مواردی همچون عدم توزیع یکنواخت هوا و ذرات در کل فضای سلول و ته نشین شدن ذرات در گوشه‌های سلول معمولاً مشکلاتی هستند که می‌بایست با انجام سرویس و نگهداری به حداقل ممکن رسانده شوند.

برخی از مهم‌ترین مشکلاتی که ممکن است در فرایندهای فلوتاسیون ایجاد شود عبارت‌اند از:

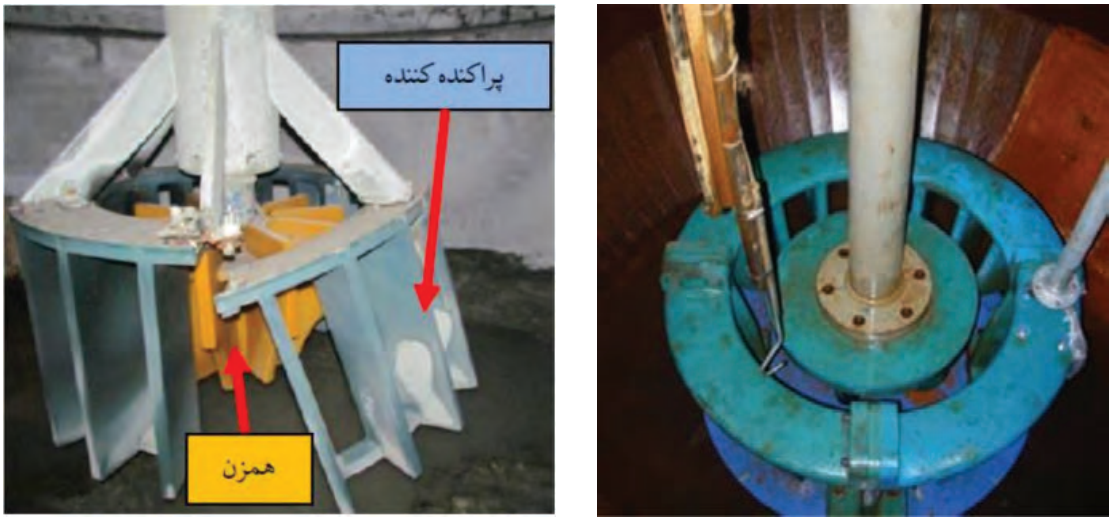
۱- مشکلات مکانیکی

مهم‌ترین این مشکلات در سلول‌های فلوتاسیون مکانیکی، عبارت‌اند از: مشکلات مربوط به سیستم متحرک سلول، پوسیدگی و خوردگی قطعات محافظ و بدنه سلول است. سیستم متحرک سلول‌های فلوتاسیون از همزن (روتور)، پراکنده کننده (استاتور) و لوله‌های انتقال هوا به سلول تشکیل شده است.

۱-۱- شکستگی پره های استاتور

پراکنده‌کننده‌ها به منظور حمل و نقل آسان از قطعات جدا کننده که با پیچ به یکدیگر متصل شده‌اند تشکیل شده است. برای پوشش این پیچ‌ها جهت جلوگیری از لق شدن، سایش و یا زنگ زدن از چسب استفاده می‌شود. بنابراین شکستگی و جداشدن قسمت‌های پراکنده از هم موجب اختلال در کارآیی سلول خواهد شد در این شرایط ذرات در داخل سلول ته نشین می‌شوند و فضای مرده داخل سلول افزایش می‌یابد.

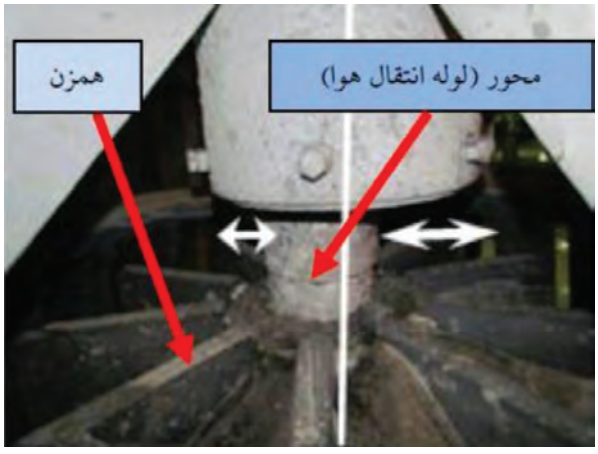
یکی دیگر از تجهیزاتی که معمولاً به دلیل پوسیدگی و یا عدم کالیبراسیون، کارایی عملیات فلوتاسیون را با مشکل روبه‌رو می‌سازد شیرهای نیزه ای کنترل ارتفاع پالپ (شیرهای تخلیه) است. کنترل ارتفاع این شیرها توسط پیستونی که در بالای آنها نصب شده است انجام می شود. خرابی این پیستون‌ها از جمله مواردی است که باید با پایش دوره ای و مشاهده نوسانات ارتفاع کف بررسی شود.



شکل ۳۹- شکستگی پره‌های استاتور

۱-۲- انحراف شافت روتور

این محور مجرای ورود هوا به همزن در درون تانک است. خوردگی و سایش اتصالات نگهدارندهٔ محور و لولهٔ انتقال‌دهندهٔ هوا از دیگر مشکلات مکانیکی هستند که پس از مدتی موجب انحراف محور شافت روتور می‌شود. این عمل باعث مختل شدن انتشار هوا می‌شود و جریان‌های داخلی سلول را برای اختلاط ایده آل تامین نمی‌کند و در نتیجه، کارایی سلول را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.



شکل ۴۰- انحراف شافت روتور

۱-۳- خوردگی و سایش محافظ‌های پوششی همزن

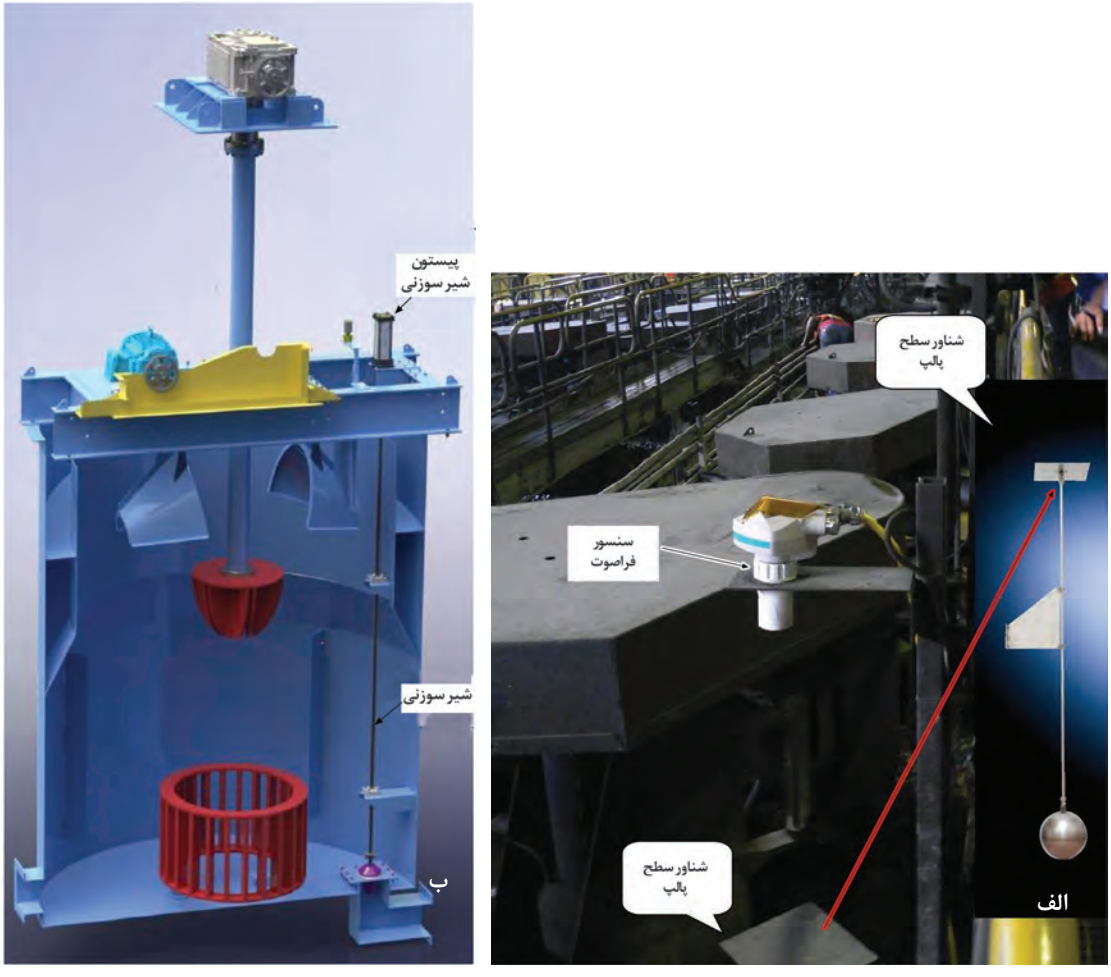
در تجهیزات داخل سلول از جمله همزن و پراکنده کننده، برای بیشتر شدن مقاومت در برابر سایش، از محافظ‌های پوششی از جنس پلی اورتان استفاده می‌شود. راهیابی ذرات درشت و برخورد ذرات موجود در پالپ با سطح همزن به دلیل خرابی محافظ آن، باعث خوردگی و سایش این قسمت از سلول می‌شود.

۲- مشکلات کنترلی

رایج‌ترین مشکلات در سیستم کنترل سلول‌های فلوتاسیون خرابی سنسورهای اندازه‌گیری و خارج شدن آنها از کالیبراسیون است. اولین گام در عیب‌یابی سیستم کنترل فلوتاسیون، بررسی و برطرف کردن خرابی احتمالی سنسورها و سایر تجهیزات اندازه گیری است.

یکی از مهم‌ترین سنسورهای مورد استفاده در سلول‌های فلوتاسیون، سنسور فراصوت اندازه‌گیری عمق کف است. ساختار و مکانیزم عملکرد این سنسور در شکل ۴۱ نشان داده شده است. برای بررسی و کالیبراسیون این سنسور، باید با استفاده از شناور، ارتفاع کف به صورت دستی اندازه‌گیری و با مقادیر ارائه شده توسط حسگر مقایسه شود.

یکی دیگر از تجهیزاتی که معمولاً به دلیل پوسیدگی و یا عدم کالیبراسیون، کارایی عملیات فلوتاسیون را با مشکل روبه‌رو می‌سازد شیرهای نیزه‌ای کنترل ارتفاع پالپ (شیرهای تخلیه) است. کنترل ارتفاع این شیرها توسط پیستونی که در بالای آنها نصب شده است انجام می شود. خرابی این پیستون ها از جمله مواردی است که باید با پایش دوره ای و مشاهده نوسانات ارتفاع کف بررسی شود.



شکل ۴۱- الف) تجهیزات اندازه گیری عمق کف در سطح سلول فلوتاسیون، ب) شیر تخلیه سوزنی و پیستون آن

۳- سایر مشکلات

ته‌نشینی مواد در کف سلول موجب کاهش فضای مفید داخل سلول می‌شود. اپراتور می‌بایست به صورت دوره‌ای ارتفاع داخل سلول را اندازه‌گیری نماید و در صورت نیاز می‌توان این رسوبات را از سلول خارج کرد. اندازه‌گیری ارتفاع سلول به دو صورت انجام می‌شود:

- **اندازه‌گیری در حین کار**: برای اندازه‌گیری در حین کار می‌توان از یک میله بلند (اندکی بلندتر از عمق سلول) که در انتهای آن یک صفحه متصل شده است، استفاده کرد.
- **اندازه‌گیری پس از توقف دستگاه** : هنگامی‌که دستگاه متوقف است اپراتور می تواند به داخل سلول رفته و اختلاف ارتفاع کف تا سطح سلول را اندازه‌گیری کند.

مشکل دیگر ایجاد کف پایدار در سطح سلول است. در چنین شرایطی کف به مقدار زیاد همراه با کنسانتره در سطح سلول تشکیل می‌شود. برای رفع این مشکل در صورت بهینه بودن میزان مواد شیمیایی، باید از دوش آب استفاده کرد. همچنین در صورتی‌که از دوش آب با فشار زیاد استفاده شود باعث از بین رفتن کف و بازگشت محصول به درون سلول آب می‌شود.

شکل ۴۲- تأثیر فشار آب در فرو رفتن کف در سطح سلول فلوتاسیون

سایر مشکلات حین کار در ماشین فلوتاسیون که می‌بایست توسط اپراتور کنترل شود:

- مسدود شدن و پرشدن لوله‌های حامل پالپ
- سرریز بیش از حد کف در محوطه کارخانه
- پارگی تسمه‌ها و اتصالات
- گرم شدن بلبرینگ‌های دستگاه‌ها
- نشتی یا چکه کردن سلول‌های شستشو
- وجود روغن و گریس در پالپ
- وجود سوختگی و بوی نامطبوع قسمت‌هایی از ماشین فلوتاسیون

فیلم

سرویس و نگهداری ماشین فلوتاسیون جیمسون

فعالیت کارگاهی

عملیات سرویس و نگهداری تجهیزات و ماشین آلات فلوتاسیون

کار عملی ۱: از یک واحد فراوری مواد معدنی بازدید کنید و از نحوه نگهداری تجهیزات فلوتاسیون توسط اپراتور دستگاه گزارشی تهیه نمایید.

شرح فعالیت:

گزارش می بایست شامل نگهداری موارد زیر باشد:

۱- مشکلات مکانیکی

۲- مشکلات کنترلی

۳- سایر مشکلات

مواد و ابزار: نوشت افزار، دوربین عکاسی

نکات ایمنی

تجهیزات حفاظت فردی، رعایت نکات ایمنی کارگاه

اخلاق حرفه‌ای

خوب گوش دادن، یادگیری، جمع آوری اطلاعات.

ارزشیابی مرحله‌ای: نمونه‌گیری در مدارهای فلوتاسیون

شرایط عملکرد (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/ نمره‌دهی)	نمره
مکان: کارخانه فراوری تجهیزات: ابزارآلات سرویس و نگهداری مواد مصرفی: روغن، گریس، قطعات یدکی زمان: ۳۰ دقیقه	بالاتر از حد انتظار	سرویس و نگهداری با بازدید از دستگاه و بررسی مشکلات مکانیکی، کنترلی و سایر مشکلات و دسته‌بندی مشکلات جزئی، نیمه اساسی و اساسی و رفع عیب مشکلات جزئی	۳
	درست	سرویس و نگهداری با بازدید از دستگاه و بررسی مشکلات مکانیکی، کنترلی و سایر مشکلات و رفع عیب مشکلات جزئی	۲
	ناقص	عدم توجه به دستورالعمل در سرویس و نگهداری	۱

ارزشیابی شایستگی عملیات فلوتاسیون

شرح کار:
راه‌اندازی سلول فلوتاسیون (رافر- کلینر- رمق‌گیر- تیکنر- ساختن و شارژ دارو به سلول‌ها به عنوان (کلکتور- تنظیم‌کننده‌ها- بازداشت کننده‌ها- کف سازها- فعال کننده‌ها- متفرق‌کننده‌ها طبق دستورالعمل)- کنترل (سطح - رنگ- اندازه- کف- سطح پالپ- دبی آب و هوا- چرخش و سرعت گیر- تنظیم‌کننده pH - سرریز - ته‌ریز خط- جریان برگشتی آب)
نمونه‌گیری با ظرف‌های ویژه از مراحل مختلف فلوتاسیون طبق استانداردهای نمونه‌برداری فلوتاسیون و ارسال به آزمایشگاه
گریس‌کاری- روغن‌کاری قطعات - تعویض قطعات مستهلک سلول‌ها

استاندارد عملکرد:
انجام عملیات فلوتاسیون با به‌کارگیری تجهیزات- ماشین آلات- مواد شیمیایی بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه زیر نظر مهندس ناظر

شاخص ها:
۱- طرز کار با سلول‌های فلوتاسیون ۲- تهیه دارو (مواد شیمیایی)، شارژ و تزریق آن ۳- نمونه‌برداری از سلول‌های فلوتاسیون
۴- سرویس و نگهداری سلول‌های فلوتاسیون

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

فضای کار: کارخانه فرآوری
تجهیزات: سلول فلوتاسیون (رافر- کلینر- رمق‌گیر) - تیکنر- ابزارآلات سرویس و نگهداری- لجن‌کش
مواد مصرفی: انواع مواد شیمیایی - آب - هوا - گریس و روغن - فیلتر
زمان: ۱۲۰ دقیقه

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	**دستگاه‌های فلوتاسیون و طرز کار آنها**	۱	
۲	**اپراتوری عملیات فلوتاسیون و تهیه دارو (مواد شیمیایی)**	۲	
۳	**نمونه‌گیری از مدار فلوتاسیون**	۱	
۴	**عملیات سرویس و نگهداری در مدار فلوتاسیون**	۱	
شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: **موارد ایمنی، دقت- صحت- مسئولیت پذیری - نظافت محیط زیست.**		۲	
میانگین نمرات			❊

❊ حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.